

Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales



Trabajo final de carrera

“Generación de biomasa, rendimiento, intercepción y eficiencia en el uso de la radiación en distintos genotipos de trigo primaveral con y sin control de enfermedades”

Carrera: Ingeniería Agronómica.

Alumno: Francisco Nicolás Guayarello

Legajo: 26596/3

DNI: 35.097.265

Mail: nicolasguayarello.91@gmail.com

Director del trabajo: Ing. Agr. (PhD. MSc.) María Rosa Simón.

Co-director del trabajo: Ing. Agr. (Dr.MSc.) Matías Schierenbeck.

Fecha de entrega: 2/10/2018

INDICE

RESUMEN	3
1. INTRODUCCION	
1.1 Descripción del cultivo, situación mundial y nacional.	4
1.2 Enfermedades fúngicas que afectan el cultivo de trigo.	9
1.3 Efecto de enfermedades fúngicas sobre la generación de biomasa y rendimiento en trigo.	13
1.4 Fungicidas como herramienta de manejo en el cultivo de trigo.	16
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE TRABAJO	
2.1 Hipótesis.	17
2.2 Objetivos.	18
2.3 Objetivo general.	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 Diseño experimental del ensayo a campo.	18
3.2 Evaluaciones realizadas.	22
3.3 Análisis estadístico.	24
4. RESULTADOS	
4.1 Datos climáticos.	24
4.2 Severidad en 3 estadios y Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE).	26
4.3 Biomasa aérea en 3 estadios.	32
4.4 Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAint) y absorbida (RFAabs) en EC60-EC82, eficiencia en el uso de la radiación interceptada (EURint) y absorbida (EURabs).	37
4.5 Rendimiento y componentes del rendimiento.	44
5. DISCUSIÓN	49
6. CONCLUSIONES	56
7. BIBLIOGRAFÍA	57

RESUMEN

Por sus características nutritivas, las propiedades de su harina y su amplia distribución geográfica, el trigo pan (*Triticum aestivum* L) representa el 30% de la producción mundial de cereales. El constante crecimiento demográfico obliga a aumentar la producción de este cereal, siendo la estrategia más factible, el aumento de rendimiento. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de las enfermedades sobre los atributos ecofisiológicos vinculados a la generación de biomasa y rendimiento. Para esto se utilizó un diseño de parcela dividida en bloques al azar con tres repeticiones, donde la parcela principal fueron los tratamientos: con (CF) y sin (SF) fungicidas; y la subparcela, 102 genotipos. Las evaluaciones se realizaron en EC31, EC60 y EC80 para determinar severidad y ABCPE, y en EC60, EC70 y EC80 para biomasa aérea, RFAint (radiación fotosintéticamente activa interceptada), RFAabs (radiación fotosintéticamente activa absorbida), EURint (eficiencia de uso de la radiación interceptada), EURabs (eficiencia de uso de la radiación absorbida), rendimiento y sus componentes. Con respecto al tratamiento SF, las enfermedades redujeron la producción de biomasa al disminuir el IAFV (índice de área foliar total) y el IAFV (índice de área foliar verde). No hubo variaciones significativas en RFAint, en tanto que en RFAabs se detectaron disminuciones de 36%, debido a que parte del total de la RFAint fue capturada por área foliar enferma. La disminución de las enfermedades no provocó diferencias significativas en la EUR, registrando un aumento de 22% en la EURint y una disminución de 8% en la EURabs con el tratamiento de protección. Las enfermedades generaron reducciones notorias en el rendimiento y todos sus componentes. Se detectaron diferencias altamente significativas en las variables evaluadas en todos los genotipos utilizados, debido a diferentes cualidades agronómicas de los mismos y a la resistencia diferencial a las enfermedades.

1. INTRODUCCION

1.1 Descripción del cultivo, situación mundial y nacional.

El trigo pan (*Triticum aestivum* L) representa el 30% de la producción mundial de cereales, el 20% de las calorías consumidas en la dieta humana (FAO, 2014) y una importante fuente de proteínas en países en desarrollo (Pierbattisti, 2016). Es considerado único por las propiedades especiales de su harina (producto principal proveniente del endosperma del grano), la cual forma una masa cohesiva utilizada en todo tipo de panificaciones (Peña *et al.*, 2005; de la Horra *et al.*, 2012). La distribución geográfica mundial es muy amplia a causa de su gran importancia como fuente de alimento y a su gran variabilidad genética en la respuesta fisiológica al fotoperíodo y temperatura, incluyendo la vernalización (Satorre & Slafer, 1999).

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) estima que la producción mundial de trigo 2017/2018 será de 739,5 millones de toneladas, siendo los principales productores la Unión Europea (150,7 MT), China (131 MT), India (96 MT), Rusia (69 MT) y Estados Unidos (49,64 MT) (WorldWheatProduction, 2017), en tanto que la superficie sembrada representa aproximadamente un sexto de los suelos cultivados del mundo (Satorre & Slafer, 1999).

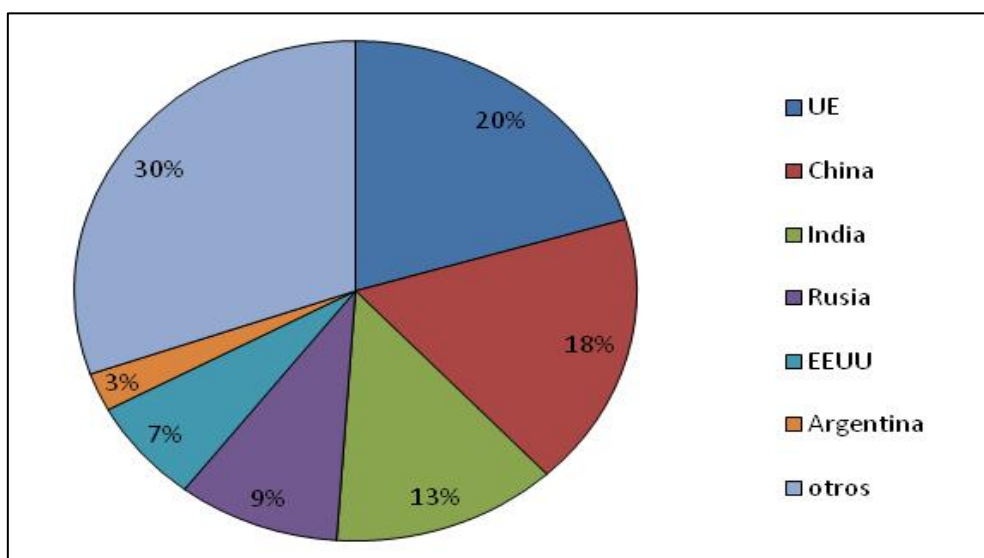


Gráfico 1: Producción mundial de trigo por países (estimación campaña 17/18).

Estudios realizados por Byrnes & Bumb (1998) estiman que para el año 2025 la

producción de trigo deberá superar las 1000 MT para poder satisfacer la creciente demanda mundial. Asimismo, estimaciones recientes de Godfray *et al.* (2010) y Hall & Richards (2013) indican que la población mundial alcanzará los 9000 millones de habitantes en 2050 y que la demanda mundial de alimentos aumentará a una tasa anual del 1,6% aproximadamente. Teniendo en cuenta esta proyección, el rendimiento promedio mundial debería llegar a 4,4 t/ha. Ante esta problemática, diversos autores concuerdan en que el aumento del rendimiento es la estrategia más factible para alcanzar los niveles de demanda proyectados (Evans, 1999; Borlaug, 2007) ya que el incremento de superficie productivas implicaría la destrucción de ecosistemas naturales incrementado el efecto negativo que el cambio climático ya ejerce sobre el cultivo. Lo mencionado anteriormente constituye un desafío muy grande para la agricultura mundial ya que actualmente, el rendimiento promedio se encuentra cercano a las 3,26 t/ha.

En nuestro país, el trigo ha sido el cereal de siembra invernal más importante históricamente. La superficie sembrada tuvo fluctuaciones con picos de 7 Mha en el año 2000, momento a partir del cual disminuyó drásticamente debido fundamentalmente a restricciones en la comercialización y al insuficiente incentivo para la siembra. A pesar de las disminuciones de la superficie sembrada, la producción de trigo se ha mantenido prácticamente invariable con un rendimiento promedio a nivel nacional de 3 t/ha fundamentalmente debido a la ganancia genética sumado a estrategias de manejo. Para la campaña 2017/18, informes elaborados por la Bolsa de Comercio de Rosario indican una superficie sembrada de 5,43 Mha con producción de 17,5 MT y un rendimiento promedio nacional de 3,34 t/ha. Las estimaciones de producción para la campaña 2018/19, lejos de los escollos de los excesos de agua que el año anterior obligaron a dejar de lado 150 mil ha de los planes de siembra, son muy prometedoras y apuntan a dejar un nuevo hito en la historia del trigo, indicando una superficie sembrada de 6,18 Mha, que, si bien seguirán revisándose mensualmente hasta llegar a la configuración final, representan un aumento del 14%

respecto a la anterior campaña (Bolsa de Comercio de Rosario, 2018).

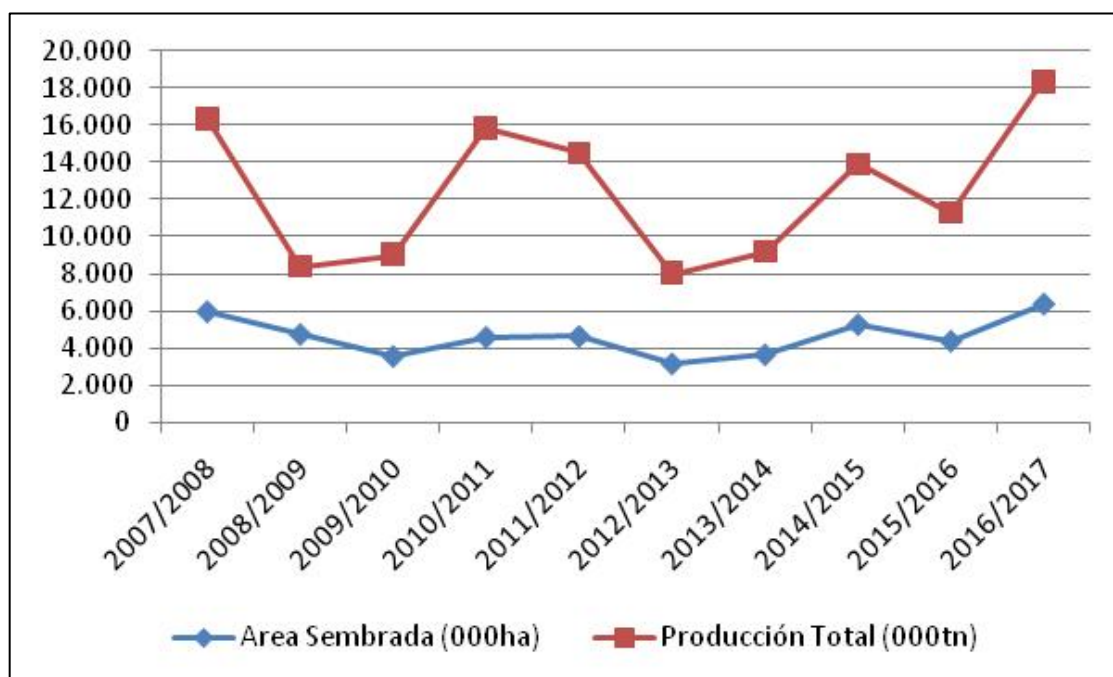


Gráfico 2: Datos de trigo en el último decenio en Argentina (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017).

1.2 Enfermedades fúngicas que afectan el cultivo de trigo.

El cultivo de trigo puede ser afectado por un grupo considerablemente amplio de agentes patógenos. Estos organismos parásitos utilizan los tejidos de la raíz, tallos, hojas y espigas para cumplir su ciclo de vida a expensas de la planta (Wiese, 1977; Zillinsky, 1984). Dentro de dichos patógenos se destacan los agentes causales de enfermedades de origen fúngico, principalmente foliares. La importancia de este complejo fúngico aumenta particularmente en relación con las condiciones climáticas del norte de la provincia de Buenos Aires, sur de Santa Fe y sur de Córdoba, caracterizadas por inviernos benignos y primaveras lluviosas que favorecen el desarrollo de diversas patologías, entre ellas, roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriks), mancha amarilla (*Drechslera tritici-repentis* Died Shoemaker/teleomorfo *Pyrenophora tritici-repentis* Died Drechs), septoriosis o mancha de la hoja (*Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg & Crous/teleomorfo *Mycosphaerella graminicola* Fuckel Schroter in Cohn), golpe blanco o fusariosis de la espiga (*Fusarium*

graminearum Schwabe), oidio (*Blumeriagraminis* (DC.) E.O. Speerf.sp. *tritici*/*Oidium monilioides*), pietín (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*). Por su difusión, frecuencia de aparición y niveles de desarrollo epidémico, se considera a estas enfermedades como las de mayor importancia relativa por los daños que ocasionan al trigo (Annone, 2001; Schierenbeck, 2015).

Las enfermedades fúngicas se clasifican en función del hábito nutricional del patógeno en: (i) biotróficos, definidos como los patógenos que obtienen nutrientes del tejido vivo del hospedante, son altamente específicos y sobreviven en la continua presencia del tejido huésped susceptible durante la estación de crecimiento del cultivo; (ii) necrotróficos, son hongos que obtienen su fuente energética a partir de tejidos vivos y muertos, de acuerdo se encuentren en su fase parasítica o saprofítica, infectan tejidos vivos y matan las células por la producción de enzimas y toxinas, extrayendo nutrientes de esos tejidos muertos del huésped y (iii) situaciones intermedias, es decir patógenos hemibiotróficos, donde el organismo cumple una etapa asintomática sobre tejido vivo, pero a medida que avanza la infección se establecen finalmente como necrotróficos (Koeck *et al.*, 2011). Por otro lado, dependiendo del número de ciclos de infección y desarrollo que cumpla el patógeno durante una estación de crecimiento de su huésped, se clasifican en (i) monocíclicos: un solo ciclo de infección, teniendo como responsable al inóculo primario, y (ii) policíclicos: cumpliendo varios ciclos por año, donde el inóculo primario causa la infección primaria y el inóculo secundario las sucesivas reinfecciones. Estos últimos, pueden causar epifitias que son rápidas y explosivas (Wiik, 2009).

Entre las principales enfermedades foliares fúngicas se encuentran la roya de la hoja, la mancha amarilla y la mancha de la hoja. La roya de la hoja (RH) es un patógeno biotrófico policíclico que requiere condiciones climáticas particulares, siendo favorables para su desarrollo temperaturas de 15 a 22 °C, con una óptima de 20 °C y un período de mojado de hoja o rocío no menor a 6 horas (Prescott *et al.*, 1986). Puede completar su ciclo de infección a formación de nuevas pústulas en períodos relativamente cortos

(8 a 10 días), por lo que su desarrollo epidémico se hace exponencial en forma rápida (Roelf *et al.*, 1992). Los síntomas se presentan como pústulas rojizo-anaranjadas subepidérmicas (Figura 3). Los uredosoros de aproximadamente 2 mm se distribuyen irregularmente en el haz de la hoja, pudiendo alcanzar las vainas y espiguillas. Al final del ciclo del cultivo aparecen teleosoros castaño oscuros a negros, dispuestos al azar en el envés de las hojas y en las vainas. En el país se han detectado reducciones en el rendimiento de hasta de 40 a 50% en cultivos ante infecciones tempranas de este patógeno (Annone, 2001).



Figura1: Sintomatología de roya de la hoja (arriba) y mancha amarilla (abajo)(Adaptado de Nigel Cattlin).

Pyrenophora tritici-repentis, el agente causal de la mancha amarilla (MA) pertenece al grupo de los patógenos necrotróficos policíclicos, por lo que obtiene los nutrientes necesarios para su crecimiento de tejido muerto, luego de matar a tejidos del

hospedante por secreción de toxinas (Ptr ToxA, Ptr ToxB y Ptr ToxC) que generan la degradación de las paredes celulares y consecuentemente las características lesiones cloróticas y necróticas (Ney *et al.*, 2013). Este patógeno puede generar inóculo, infectar al trigo y causar lesiones en un rango considerablemente amplio de condiciones ambientales, normalmente con temperaturas de 10 a 30 °C (siendo óptimas 19-22 °C) y períodos de 6 a 48 h de alta humedad relativa (Moreno *et al.*, 2012). El desarrollo de la enfermedad es más favorecido por períodos prolongados con formación de rocío sobre los tejidos foliares que por precipitaciones (Annone, 2001). La incidencia creciente de MA ha sido atribuida a cambios en las prácticas culturales, tales como el aumento en la superficie bajo siembra directa, rotaciones cortas, monocultivo de trigo y la utilización de variedades susceptibles.

El agente causal de la MA se propaga principalmente por medio de esporas (ascosporas y conidios) que se originan en lesiones de plantas de trigo establecidas naturalmente, y en lesiones de algunas malezas y pastos naturales que funcionan como hospedantes. Las esporas de origen asexual, junto con trozos del cuerpo vegetativo del hongo, también pueden ser transferidos a nuevos cultivos por medio de la semilla (Annone, 2001). Los pseudotecios tienen un papel crítico en la epidemiología de la enfermedad ya que maduran en el rastrojo de trigo durante el otoño e invierno y al comienzo de la primavera liberan las ascosporas, que son el inóculo primario de la enfermedad. Estas son dispersadas por el viento, lo mismo que los conidios que se producen desde la primavera hasta avanzado el verano (Wegulo, 2011). La sintomatología que provoca la enfermedad está asociada a la producción de manchas cloróticas que luego se tornan de color castaño claro, de forma elíptica con una región circundante o halo clorótico producido por las toxinas que secreta el hongo. Las infecciones secundarias forman los típicos puntos de infección castaño oscuro redondeado de un halo amarillo (Carmona *et al.*, 1999). El daño potencial de este parásito está asociado con la pérdida de tejido fotosintético, pudiendo llegar a reducir el rendimiento en grano entre un 20 a un 50 % (Annone *et al.*, 2001).

La Septoriosis es una de las enfermedades de mayor importancia en la región triguera argentina, especialmente en las provincias de Córdoba y Buenos Aires. Los daños a nivel mundial oscilan entre 31 y 54 % y entre 17 y 50 % en Argentina, dependiendo del estado fenológico y el grado de ataque en el que ocurre la infección (Cordo *et al.*, 2014). Si bien es una enfermedad conocida en la Argentina desde hace varias décadas, su importancia creció a comienzos de los '70 con la liberación de la primera generación de trigos de bajo porte y alto potencial de rendimiento, que resultó ser altamente susceptible a su agente causal (Annone & García, 2004).

La septoriosis de la hoja puede llegar a causar pérdidas de rendimiento considerables en años con primaveras con temperaturas moderadas a bajas y frecuentes precipitaciones. En este tipo de ambientes, y dependiendo del cultivar involucrado, la cantidad y calidad de residuos de trigo en superficie y la fecha de siembra, entre otros factores, pueden alcanzar las hojas superiores y ocasionar pérdidas de rendimiento de hasta el 50% (Annone & García, 2004).

Las primeras lesiones aparecen en las hojas inferiores, como manchas pequeñas de color amarillo, que luego avanzan sobre las hojas superiores. Dichas manchas presentan una forma oval, coloración amarillo verdoso o gris verdoso, inicialmente se presentan lesiones acuosas, que luego confluyen irregularmente, necrosando el tejido afectado tornándose con apariencia de parches pajizos de color pardo a castaño como se puede apreciar en la Figura 4. Sobre las mismas aparecen salpicados, numerosos puntos oscuros que corresponden a las estructuras fructíferas del hongo (picnidios) (Figura 4), pudiendo provocar la senescencia anticipada de las hojas (Carmona & Sautua, 2015). Las hojas secas permanecen rígidas y péndulas, con los bordes ondulados.



Figura 4: Sintomatología de mancha de la hoja (izquierda) y presencia de picnidios en la superficie de una hoja (derecha) (Adaptado de Irene Campos).

1.3 Efecto de enfermedades fúngicas sobre la generación de biomasa y rendimiento en trigo.

El rendimiento en grano del cultivo puede expresarse a través de la cantidad de biomasa generada y la proporción de ésta que es particionada hacia los órganos reproductivos; a esta relación se la conoce como índice de cosecha (IC) (van der Werf, 1996; Bingham *et al.*, 2009). A su vez la producción de biomasa está determinada por la cantidad de radiación incidente durante el periodo de crecimiento (Rinc), la eficiencia en la intercepción de radiación (% RI), la cual es función del índice de área foliar (IAF) y de la arquitectura del canopeo (determinada por el coeficiente k de extinción) (Miralles & Slafer, 1997); y la eficiencia de uso de la radiación (EUR) (Evans *et al.*, 1978; Gardner, 1985) (Gráfico 3).

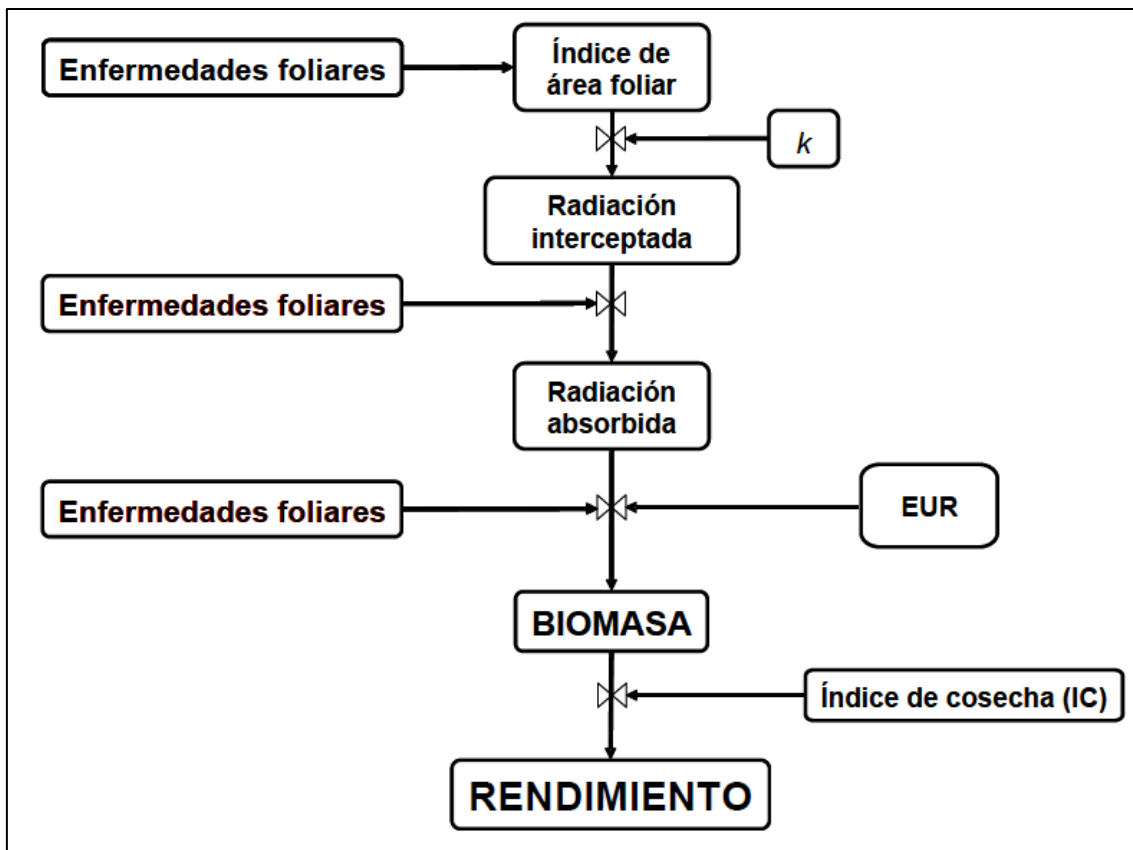


Gráfico 3: Esquema teórico de generación de biomasa y rendimiento en el cultivo de trigo. Se detallan los diferentes procesos que podrían ser afectados por las enfermedades foliares (Adaptado de R.A. Serrago).

Las enfermedades foliares pueden producir efectos variables sobre estos atributos que junto con el IC determinan el rendimiento del cultivo. En este sentido, recientemente Schierenbeck *et al.* (2016) determinaron que tanto *P.triticina* como *Py.tritici-repentis* disminuyen la radiación interceptada y absorbida por el cultivo, aunque *P.triticina* causa un mayor efecto sobre la eficiencia de uso de radiación.

Las enfermedades causadas por patógenos biotróficos (como *P.triticina*) producen profundos cambios en la fisiología de los hospedantes, ya que alteran el metabolismo de las plantas al parasitar las células vivas. Su presencia en el cultivo puede producir reducciones en la acumulación de biomasa debido a una disminución del área y de la capacidad fotosintética de las hojas, un aumento de la tasa respiratoria, la transpiración y una reducción de la tasa de translocación de los órganos afectados (McNew, 1960; Robert *et al.*, 2004; Agrios, 2005; Robert *et al.*, 2005; Serrago *et al.*,

2009; Schierenbeck *et al.*, 2016). Según Waggoner & Berger (1987), de los dos componentes fisiológicos determinantes de la biomasa aérea, las enfermedades afectan principalmente la eficiencia de intercepción de radiación (%RI) principalmente por reducciones de la cobertura verde (caída de hojas o muerte acelerada de macollos) y por área foliar enferma (y/o senescente), que no podrá ser utilizada para la generación de biomasa (Carretero *et al.*, 2009). El efecto de las enfermedades fúngicas foliares sobre el otro atributo que interviene en la producción de biomasa, la EUR, presenta resultados contradictorios entre diferentes autores. Bancal *et al.* (2007) estudiando un complejo de enfermedades foliares en trigo sugieren que este atributo no se vería afectado. En el mismo sentido Serrago *et al.* (2009) reportaron que reducciones en la producción de biomasa post-floración debido a enfermedades foliares se debieron principalmente a disminuciones en el IAF total, IAF verde y a la duración del área foliar sana (DAFV) provocando una reducción en la capacidad del canopeo para interceptar radiación cuando predominaron enfermedades causadas por patógenos necrotróficos (como *Py.tritici-repentis*). Por otro lado Robert *et al.* (2005), consideran que este atributo se vería modificado según el hábito nutricional del patógeno y argumentan que enfermedades originadas por patógenos biotróficos podrían tener algún efecto sobre la EUR, debido a la interacción particular que este tipo de patógenos establece con las células del hospedante. Estos cambios podrían ser debidos a reducciones en la tasa de fotosíntesis foliar (Rabbinge *et al.*, 1985; Zuckerman *et al.*, 1997), a aumentos en la tasa de respiración de los tejidos o a un consumo directo de asimilados (Boote *et al.*, 1983) y/o nitrógeno por parte de los patógenos. Por otro lado, Carretero *et al.* (2011) indicaron que reducciones en la capacidad fotosintética de las hojas superiores de trigo cuando estas eran infectadas por roya de la hoja durante el llenado de los granos no se tradujeron en disminuciones en la EUR debido posiblemente a (i) una compensación de la actividad fotosintética de otros órganos del cultivo y/o (ii) a una re translocación de asimilados almacenados en tallos que fueron removilizados para compensar la menor fotosíntesis actual (como

consecuencia de presencia de la enfermedad).

1.4 Fungicidas como herramienta de manejo en el cultivo de trigo.

Los fungicidas constituyen una importante herramienta en el control de enfermedades foliares para la producción de trigo (Gooding, 2006). La aplicación eficiente de los mismos ha producido aumentos significativos en los rendimientos y la calidad comercial en el orden del 10-32% respecto al testigo sin control según momento de aplicación, tipo de molécula fúngica y cultivar en relación a las enfermedades foliares (Castellarín *et al.*, 2004). El grupo de fungicidas más utilizado para el control de enfermedades foliares es el de los triazoles, los cuales se caracterizan por su acción sistémica, afectando las membranas de los patógenos mediante la inhibición de la síntesis de los esteroides (ISE). Los triazoles presentan efectividad sobre patógenos foliares (manchas, oidios y royas) y algunos para fusariosis. Las estrobilurinas son otro de los grupos de fungicidas ampliamente utilizados y poseen acción oligosistémica, alteran procesos respiratorios en mitocondrias, inhibiendo la respiración mitocondrial debido al bloqueo de la transferencia de electrones en el complejo del citocromo-bc 1. Dimmock & Gooding (2002) hallaron que la inclusión de estrobilurinas en los fungicidas para el control de enfermedades foliares en trigo, está asociada a aumentos en el rendimiento en grano, peso específico del grano y peso de mil granos. Dichos aumentos estarían relacionados con una prolongación del periodo verde de la hoja bandera. La fotosíntesis producida por la hoja bandera en trigo contribuye con un 30-50% de los fotoasimilados para el llenado de grano, es por ello que la longevidad de ésta se correlaciona estrechamente con la acumulación de materia seca en el grano. De esta forma, cualquier estrategia para proteger la senescencia de la hoja bandera es importante para asegurar altos rendimientos y calidad (Blandino & Reyneri, 2009). Las carboxamidas al igual que las estrobilurinas inhiben la respiración mitocondrial pero a nivel del complejo II (Arregui & Puricelli, 2008). Poseen una elevada especificidad contra Basidiomicetes (agentes causales de royas y carbones) además de generar

efectos positivos en la fisiología del vegetal como un aumento en la eficiencia de uso de agua (Smith *et al.*, 2013). La incorporación de carboxamidas en las mezclas dobles de triazol + estrobilurina han mostrado tener un mejor efecto de control sobre la roya de la hoja en trigo (Fleitas *et al.*, 2015; Fleitas *et al.*, 2018a y b) y sobre manchas foliares en cebada (Carmona & Sautua, 2015).

Teniendo en cuenta estos antecedentes, este trabajo plantea evaluar la producción de biomasa, EUR, eficiencia de intercepción (Ei), rendimiento, componentes de rendimiento y la severidad de enfermedades fúngicas foliares en un set internacional de 102 genotipos con y sin aplicación de fungicidas con el objetivo de contribuir en un futuro a la mejora genética del cultivo y el manejo integrado de enfermedades. Debido a la importancia económica de realizar mejoramiento genético para resistencia a enfermedades, es necesario encontrar gran variabilidad para estos caracteres, la cual podrá ser utilizada por los mejoradores.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE TRABAJO

2.1 Hipótesis

- En diferentes cultivares de trigo de distintos orígenes hay una amplia variabilidad para caracteres agronómicos como rendimiento y componentes del rendimiento, producción de biomasa, EUR, intercepción de radiación.
- Las aplicaciones de fungicida provocan reducciones variables en la incidencia y severidad de enfermedades foliares, provocando aumentos de rendimientos y generación de biomasa asociados a la mantención del área foliar fotosintética durante el llenado del grano ya que evitan el consumo de fotoasimilados por parte del patógeno.

2.2 Objetivo general

Contribuir al mejoramiento del trigo mediante la evaluación de diferentes características agronómicas de los distintos cultivares en nuestras condiciones agroecológicas.

2.3 Objetivos específicos

Evaluar la variabilidad para intercepción de radiación, absorción de radiación, producción de biomasa, eficiencia de uso de la radiación y rendimiento en una colección internacional de 102 genotipos de trigo con y sin control de enfermedades.

Evaluar variabilidad para resistencia a enfermedades foliares en dicha colección de genotipos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diseño experimental del ensayo a campo.

Se condujo un ensayo en la Estación Experimental de los Hornos, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de La Plata. Se utilizó un diseño de parcela dividida en bloques al azar con tres repeticiones. La parcela principal fue el tratamiento fungicidas: 1) con fungicida (CF); 2) sin fungicida (SF) y la subparcela, 102 genotipos de una población internacional de trigos primaverales (Tabla 1). La colección de genotipos primaverales con caracteres contrastantes fue obtenida de una colección más amplia que incluía también trigos invernales seleccionados de 32 países del German Federal *ex situ* Genebank, Gatersleben, Alemania.

Tabla 1. Genotipos de trigos primaverales utilizados en el ensayo.

Número	Cod.	Nombre científico	Variedad botánica	Origen
1	TRI 403	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	USA
2	TRI 2513	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	China
3	TRI 2619	<i>T. aestivum</i> L.	suberythrosperrum	Nepal
4	TRI 2656	<i>T. aestivum</i> L.	milturum	India
5	TRI 2679	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	India
6	TRI 2835	<i>T. aestivum</i> L.	meridionale	Afghanistan
7	TRI 2889	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Nepal

8	TRI 3126	<i>T. aestivum</i> L.	milturum	Portugal
9	TRI 3242	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	USA
10	TRI 3438	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Germany
11	TRI 3477	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	New Zeland
12	TRI 3492	<i>T. aestivum</i> L.	Unknown	Nepal
13	TRI 3511	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Portugal
14	TRI 3513	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	UK
15	TRI 3526	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Portugal
16	TRI 3564	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Portugal
17	TRI 3569	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Uruguay
18	TRI 3570	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	India
19	TRI 3631	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Canada
20	TRI 3633	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Canada
21	TRI 3664	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Germany
22	TRI 3831	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Portugal
23	TRI 3839	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	French
24	TRI 3842	<i>T. aestivum</i> L.	milturum	Portugal
25	TRI 3874	<i>T. aestivum</i> L.	milturum	Italy
26	TRI 3881	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Italy
27	TRI 3895	<i>T. aestivum</i> L.	aureum	French
28	TRI 3925	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Uruguay
29	TRI 3926	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Uruguay
30	TRI 3929	<i>T. aestivum</i> L.	pyrothrix	China
31	TRI 3931	<i>T. aestivum</i> L.	subhostianum	China
32	TRI 3955	<i>T. aestivum</i> L.	Unknown	Nepal
33	TRI 3964	<i>T. aestivum</i> L.	nigricans	Nepal
34	TRI 3987	<i>T. aestivum</i> L.	pyrothrix	India
35	TRI 4013	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
36	TRI 4041	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Canada
37	TRI 4042	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	China
38	TRI 4056	<i>T. aestivum</i> L.	villosum	India
39	TRI 4081	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Portugal
40	TRI 4112	<i>T. aestivum</i> L.	fulvocinereumcompactoides	Afghanistan
41	TRI 4113	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Afghanistan
42	TRI 4116	<i>T. aestivum</i> L.	aureum	Italy
43	TRI 4117	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
44	TRI 4118	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
47	TRI 4126	<i>T. aestivum</i> L.	milturum	Italy
48	TRI 4130	<i>T. aestivum</i> L.	milturum	Italy
49	TRI 4141	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
50	TRI 4144	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
51	TRI 4145	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
52	TRI 4148	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
53	TRI 4149	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Italy
54	TRI 4171	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
55	TRI 4540	<i>T. aestivum</i> L.	melanopogon	Russia

56	TRI 4545	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Austria
58	TRI 4549	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Chile
59	TRI 4551	<i>T. aestivum</i> L.	leucospermum	Chile
60	TRI 4563	<i>T. aestivum</i> L.	milturum	Italy
61	TRI 4919	<i>T. aestivum</i> L.	graecum	Austria
62	TRI 4940	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	USA
63	TRI 4942	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	USA
64	TRI 4943	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Sweden
65	TRI 5262	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Estonia
66	TRI 5304	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Sweden
67	TRI 5310	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	French
68	TRI 5315	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Argentina
69	TRI 5325	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Argentina
70	TRI 5332	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	USA
71	TRI 5333	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Spain
72	TRI 5342	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Germany
73	TRI 5357	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	UK
74	TRI 5386	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Bulgaria
75	TRI 5425	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Spain
76	TRI 5426	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Sweden
77	TRI 5438	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	USA
88	TRI 6148	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Iran
89	TRI 10296	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Mexico
90	TRI 10297	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Brazil
92	TRI 10311	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Japan
93	TRI 10336	<i>T. aestivum</i> L.	variabile	China
94	TRI 10338	<i>T. aestivum</i> L.	hostianum	China
95	TRI 10340	<i>T. aestivum</i> L.	leucospermum	China
96	TRI 10591	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Cyprus
97	TRI 10593	<i>T. aestivum</i> L.	murinumcompactoides	Cyprus
98	TRI 10620	<i>T. aestivum</i> L.	murinumcompactoides	Cyprus
99	TRI 10625	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Cyprus
100	TRI 10654	<i>T. aestivum</i> L.	murinumcompactoides	Cyprus
102	TRI 10688	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Greece
103	TRI 10692	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Greece
104	TRI 10693	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Greece
105	TRI 10697	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Greece
106	TRI 10702	<i>T. species</i>	(Population)	Unknown
107	TRI 10703	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Greece
108	TRI 10704	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Greece
109	TRI 10705	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Greece
110	TRI 10707	<i>T. species</i>	(Population)	Unknown
111	TRI 10709	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Greece
112	TRI 10710	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Greece
113	TRI 10780	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Greece
114	TRI 10781	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Greece

115	TRI 10785	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Greece
116	TRI 11020	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	USA
117	TRI 11082	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Germany

La preparación del suelo consistió en un esquema de labranza convencional, mediante disco, rastra y rolo. En las parcelas se realizó un barbecho químico con glifosato y en post-emergencia temprana se aplicó el herbicida Misil®: 100 cm³ de dicamba 48% (concentrado soluble) + 5 g/ha de metsulfurón metil 60% (granulos dispersables). La siembra se llevó a cabo en el mes de julio utilizando una sembradora experimental a 20 cm entre líneas, como se observa en la Figura 5, con una densidad de 250 plantas/m². Las parcelas tuvieron un largo de 3,40 m y un ancho de 1,40 m (4,8 m²).

A las subparcelas con fungicida se les aplicó una triple mezcla (BASF Orquesta Ultra) de fluxapyroxad 50 g/l (carboxamida), epoxiconazole 50 g/l (triazol) y pyraclostrobin 81 g/l (1,2 l/ha) (estrobilurina) para asegurar un testigo con baja infección en cuatro estadios: 2-3 hojas, encañazón (EC 31), hoja bandera desplegada (EC 39) y antesis (EC60) (Zadoks *et al.*, 1974).

En todas las sub-parcelas se aplicó 100 kgN/ha (46-0-0), particionados en dos momentos, a la siembra y a fines de macollaje y una fertilización fosforada con superfosfato triple granulado (0-20-0) a razón de 20 kgP/ha a la siembra.



Figura 5. a-Siembra del ensayo; b-Tamaño de parcela (1,40m x 3,40m); c y d-Vista parcial de la distribución de los bloques.

3.2 Evaluaciones realizadas.

Se realizaron evaluaciones de severidad (% de hoja cubierta por la enfermedad) de las enfermedades presentes más importantes en EC31, EC60 y grano pastoso (EC80) en 10 hojas de cada subparcela, que fueron utilizadas para determinar el área bajo la curva de progreso de las enfermedades, ABCPE (Shanner & Finney, 1977) (Figura 6a). Esta técnica consiste en representar la dinámica de una epidemia en términos de ecuaciones y de modelos matemáticos con el fin de mejorar la capacidad de comprender y predecir el comportamiento de la misma.

En cada subparcela, se determinó la materia seca aérea a partir de la extracción de una superficie de $0,30 \text{ m}^2$ (sectores de 0,5 m de tres surcos contiguos) (Figura 6b) y su posterior secado en estufa a 70°C durante 48hs en EC60, grano lechoso (EC70) y EC80.

La Radiación Incidente (I_o) y Radiación transmitida (I_t) se evaluaron mediante un ceptómetro Cavadevices que cuantifica el flujo de fotones recibido expresado en μmol

fotones.m⁻².s⁻¹. Las mediciones se realizaron entre las 11 y las 14 hs, con cielo despejado, en los tres estadios en que se evaluó la biomasa aérea (EC60, EC70 y EC80) (Figura 6c). Dichas mediciones se realizaron en los surcos centrales de cada subparcela determinando lo inmediatamente encima del canopeo y la I_t a la base del cultivo (superficie del suelo) ubicando el sensor en 5 posiciones a lo largo del entre-surco, como se puede observar en la Figura 6, utilizando para los cálculos correspondientes el promedio de estas cinco mediciones. La E_i se calculó como la diferencia entre la radiación incidente y la transmitida, sobre la radiación incidente ($E_i = [I_o - I_t]/I_o$). Teniendo en cuenta las determinaciones de severidad de cada evaluación, se calculó la Eficiencia de absorción (E_a), como el % de radiación que es absorbida por tejido funcional (IAFV) sobre el total de la radiación incidente, siendo la fórmula para un momento determinado ($E_a = E_i * [1 - \%Severidad/100]$).

La eficiencia de intercepción (E_i) para los días entre fechas sucesivas de muestreo se obtuvo por interpolación lineal. Con el cálculo diario de estas eficiencias y la radiación fotosintéticamente activa incidente diaria (RFA) obtenida de la estación meteorológica situada en el lugar de los experimentos, se calculó la cantidad de RFA diaria interceptada y absorbida. Luego, mediante la suma de estos valores diarios se calculó la RFA interceptada acumulada (RFA_{int}) y la RFA absorbida acumulada (RFA_{abs}). La eficiencia de uso de la radiación interceptada (EUR_{int}) y absorbida (EUR_{abs}) se calculó como la pendiente de la regresión entre la biomasa generada acumulada durante el periodo EC60-EC80 y la radiación interceptada acumulada (para el caso de EUR_{int}) o la radiación absorbida acumulada (para el caso de EUR_{abs}) en el mismo periodo como variable independiente.

Se evaluó también a la cosecha, el rendimiento y sus componentes: espigas.m⁻²(Nesp/m²) (conteo de espigas en tres fracciones de 1m lineal de cada subsubparcela), granos.espiga⁻¹(NG/esp) (contando granos en 20 espigas por subsubparcela), peso de mil granos (PMG) (pesando los granos de la determinación anterior) y se determinó el rendimiento a la cosecha (Figura 6d).



Figura6. a-Observación de la severidad de una hoja; b-Corte de biomasa; c-Medición de radiación transmitida con ceptómetro Cavadevices; d-Cosecha.

3.3 Análisis estadístico

Las diferencias en las variables entre los genotipos, en los tratamientos con y sin fungicida se analizaron mediante análisis de varianza (ANVA) y las medias se compararon mediante LSD ($P=0,05$).

4. RESULTADOS

4.1 Datos climáticos.

Los datos climáticos de la Tabla 2 fueron registrados en una estación meteorológica situada en las cercanías de los ensayos.

Tabla 2. Temperatura media, humedad relativa ambiente, radiación incidente y precipitaciones

registradas durante 2016 y media histórica (desde 1964 a 2014) en la localidad de Los Hornos, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

	Temperatura (°C)		Humedad (%)	Radiación (Watt/m ²)	Precipitación (mm)	
	2016	1964-2014	2016	2016	2016	1964-2014
Junio	8,3	10,6	71	2464	33	54,3
Julio	9,2	10,2	77	1622	175	64
Agosto	11,3	11,5	66	2613	39,6	61,5
Septiembre	11,9	13,5	78	3733	51	69,8
Octubre	15,5	16,5	75	5392	102,4	96,4
Noviembre	18,5	19,2	61	5950	66,9	98,4
Diciembre	22,6	22,3	57	6593	133	78,9
Total				28367	600,9	523,3

Durante el 2016 se registraron mayores precipitaciones en los meses de julio, octubre y diciembre con respecto a la precipitación media histórica.

Si se tiene en cuenta la precipitación acumulada entre julio y noviembre, en 2016 se registraron 467,9 mm, en tanto que en la media histórica se registraron 390,1 mm para el mismo periodo. Las temperaturas medias presentaron valores más bajos a partir de encañazón hasta fin de ciclo (de agosto a noviembre) presentando valores mayores solo a fin de ciclo, en el mes de diciembre con respecto a la media histórica (Gráfico 4).

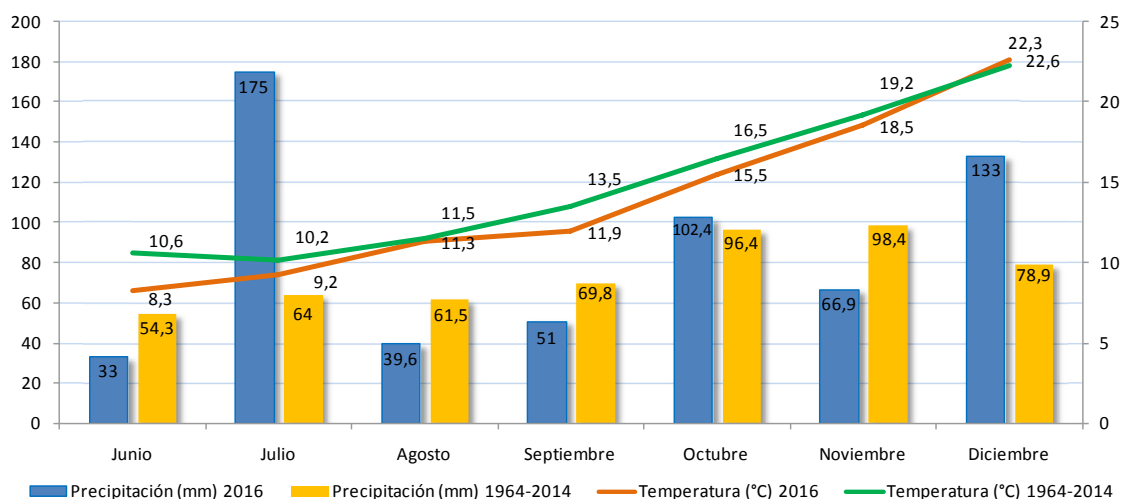


Gráfico 4. Comparación gráfica de la precipitación (mm) y temperatura media (°C) histórica con los datos registrados durante el 2016 en la estación meteorológica de la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Los Hornos.

4.2 Severidad en 3 estadios y Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE).

Se observaron diferencias significativas entre tratamientos fungicidas para la severidad EC60, EC80 y el ABCPE. Se observaron diferencias altamente significativas entre los *Genotipos* y la interacción *Tratamiento* × *Genotipo* para severidad en EC31, EC60, EC80 y ABCPE (Tabla 3).

Tabla 3. Cuadrados medios, grados de libertad y valor p (ANVA) para severidad para EC31, EC60, EC82 y área bajo la curva de progreso de la enfermedad para 2016 en un ensayo con dos tratamientos de aplicación de fungicida en 102 cultivares de trigo.

Fuente de variación	GL	Severidad EC31	Severidad EC60	Severidad EC80	ABCPE
Tratamiento	1	488,7 (p=0,075)	26869 (p=0,019)	9292 (p=0,010)	120798527 (p=0,007)
Error A	1	6,88	24,94	2,52	13777
Genotipo	101	166,3 (p<0,001)	387,4 (p<0,001)	218,5 (p<0,001)	1151439 (p<0,001)
Tratamiento × Genotipo	101	37,40 (p<0,001)	139,9 (p<0,001)	103,2 (p<0,001)	509964 (p<0,001)
Error B	202	10,47	13,72	9,64	38301
Total	407				

El comportamiento de los cultivares para la severidad en los tres estadios y el ABCPE puede observarse en la Tabla 4. En EC31 los valores de severidad para el tratamiento SF variaron entre 0,18% (cv75) y 32,38% (cv15), con un promedio de severidad de todos los genotipos de 11,83%. Por su parte el tratamiento CF varió entre 0% (cv10 y cv59) y 28,07% (cv31), con un promedio de 9,65%. En términos generales, los tratamientos CF presentaron una reducción del 18% en la severidad de EC31 con respecto al tratamiento SF. Para la interacción *Tratamiento* × *Genotipo* los cultivares que presentaron mayores diferencia entre tratamientos fueron los genotipos 10 (100%), 59 (100%), 13 (95%) y 77 (93%) (Tabla 4).

En EC60 los valores de severidad para el tratamiento SF variaron entre 12,63% (cv92) y 70,5% (cv31), con un promedio de severidad de todos los genotipos de 39,66%. Por su parte, el tratamiento CF presentó variaciones de entre 7,9% (cv50) y 57,82%

(cv41), con un promedio de 23,43%. En términos generales, los tratamientos CF generaron una reducción del 41% en la severidad de EC60 con respecto al tratamiento SF. Los genotipos que presentaron mayores diferencias entre tratamientos fueron los cultivares 8 (76%), 63 (75%), 7 (75%) y 96 (72%) (Tabla 4).

En EC80 los valores de severidad para el tratamiento SF fluctuaron entre 73,5% (cv22) y 100% (cv3, 8, 50, 61, 62, 74, 97, 98 y 100), con un promedio de severidad de todos los genotipos de 91,39%. Por su parte, el tratamiento CF varió entre 45,43% (cv17) y 100% (cv97), con un promedio de 81,84%. En términos generales, los tratamientos CF presentaron una reducción del 10% en la severidad de EC80 con respecto al tratamiento SF. Respecto a los cultivares que presentaron mayores diferencias entre tratamientos podemos mencionar al genotipo 3 (49%), 17 (40%), 18 (38%) y 111 (37%) (Tabla 4).

Para el ABCPE, los tratamientos CF mostraron una disminución promedio del 35% en el progreso de enfermedad respecto al tratamiento SF, resultando para el tratamiento SF un valor promedio de 3075 y para CF de 1989. Los cultivares de mejor comportamiento sanitario para el tratamiento SF fueron el 22 (1594), 68 (1604), 76 (1746), 92 (1768) y 53 (1772), y para el tratamiento CF destacaron el 59 (1153), 92 (1267), 22 (1283), 76 (1294) y 68 (1315). En contraposición, los de mayor ABCPE para SF fueron los genotipos 97 (5338), 100 (4842), 60 (4751), 41 (4741) y 8 (4709) y los genotipos 41 (3516), 56 (3232), 36 (2954), 47 (2830) y 15 (2746) para el tratamiento protegido (CF) (Tabla4). La interacción *Tratamiento × Genotipo* evidenció que los genotipos 5, 99, 67 y 59 presentaron las mayores disminuciones porcentuales ante la aplicación de fungicidas, en tanto que los genotipos 56, 90, 15 y 6 presentaron las menores.

Tabla 4. Medias y porcentaje de variación entre tratamientos fungicidas para severidad en EC31, EC60, EC80 y ABCPE.

CV	Severidad EC31			Severidad EC60 (%)			Severidad EC80 (%)			ABCPE		
	SF	CF	var.	SF	CF	var.	SF	CF	var.	SF	CF	var.
1	1,61	0,46	71%	49,5	27,39	45%	89,61	85,05	5%	3350	2250	33%
2	8,69	9,32	-7%	41	27,67	33%	89,61	87,67	2%	2944	2403	18%
3	19,24	10,99	43%	37,44	27,44	27%	100	50,98	49%	3318	1829	45%
4	4,14	5,64	-36%	37,05	17,2	54%	93,8	87,72	6%	4303	1993	54%

5	4,99	4,94	1%	34,65	14,5	58%	90,5	85,5	6%	4518	1766	61%
6	9,43	5,96	37%	37,9	40,96	-8%	96,83	92,17	5%	2569	2483	3%
7	3,56	2,86	20%	53,5	13,53	75%	89,61	86,28	4%	3351	1490	56%
8	8,90	5,01	44%	53,5	12,71	76%	100	97,43	3%	4709	1995	58%
9	0,78	0,78	0%	61,5	22,67	63%	86,83	89,61	-3%	4028	2142	47%
10	11,20	0,00	100%	51	32,57	36%	89,61	89,61	0%	3137	1750	44%
11	10,81	5,67	48%	41,55	26,37	37%	98,86	91,22	8%	3149	2336	26%
12	13,59	13,18	3%	43,27	28,82	33%	98	94,66	3%	3459	2529	27%
13	3,70	0,18	95%	37,5	25,76	31%	88	86	2%	2403	1817	24%
14	8,59	2,34	73%	20,06	15,68	22%	98,5	90,22	8%	2046	1636	20%
15	32,38	18,07	44%	23,71	31,65	-	89,11	90,5	-2%	2762	2746	1%
16	1,48	0,18	88%	33	25,17	24%	88,3	89,5	-1%	2519	2206	12%
17	28,07	17,93	36%	32,02	19,66	39%	75,98	45,43	40%	2659	1602	40%
18	19,74	22,24	-13%	34,5	31,05	10%	90	56	38%	3046	2163	29%
19	3,28	5,64	-72%	49,5	31,5	36%	89,61	87,5	2%	2963	1990	33%
20	18,73	5,67	70%	52,5	31	41%	89,61	87,94	2%	4099	2234	45%
21	6,51	10,54	-62%	52,98	44,09	17%	89,61	74,05	17%	2939	2575	12%
22	12,07	13,04	-8%	14,02	10,51	25%	73,5	66,5	10%	1594	1283	20%
23	24,94	5,01	80%	26,52	9,29	65%	93,83	82,44	12%	2496	1336	46%
24	14,53	26,40	-82%	20,75	17,35	16%	82,15	63,55	23%	2263	1853	18%
25	22,62	10,95	52%	42,95	15,01	65%	82,5	75,5	8%	3480	1454	58%
26	13,28	10,15	24%	32,75	19,15	42%	97	95,17	2%	2635	1856	30%
27	12,89	12,34	4%	35,68	16,24	54%	84,25	71,33	15%	2387	1609	33%
28	5,12	12,34	-	26,5	15,4	42%	95,5	73,72	23%	2219	1611	27%
29	16,19	9,18	43%	20,13	13,5	33%	96,5	75	22%	2161	1431	34%
30	19,14	16,64	13%	62,95	21,84	65%	89,61	88,22	2%	3978	2424	39%
31	30,78	28,07	9%	70,5	26,03	63%	84,15	78,78	6%	4661	2486	47%
32	20,78	13,07	37%	51,5	33,72	35%	89,5	64,1	28%	3804	2146	44%
33	22,10	14,46	35%	48,55	25,49	47%	99,15	88,65	11%	3582	2425	32%
34	19,74	8,90	55%	52,5	25	52%	89,61	89,61	0%	4238	2042	52%
35	14,70	14,68	0%	37,25	10,68	71%	87,78	85,78	2%	2690	1653	39%
36	28,76	24,88	13%	61,03	37,98	38%	89,61	88,67	1%	3962	2954	25%
37	26,92	23,03	14%	43,28	18,5	57%	84,89	83,75	1%	3447	2309	33%
38	5,39	5,12	5%	54,9	22,5	59%	95,15	84,67	11%	4261	1950	54%
39	7,24	6,96	4%	40,68	32,77	19%	95,56	83,5	13%	3015	2305	24%
40	7,62	7,48	2%	38,26	22,14	42%	89,61	84,67	6%	2458	1849	25%
41	18,21	12,65	31%	62,5	57,82	7%	94,8	85,5	10%	4741	3516	26%
42	8,73	13,46	-54%	37,95	30,17	21%	89,61	89,05	1%	2828	2646	6%
43	4,29	6,93	-62%	34,61	21	39%	89,61	88	2%	2624	2184	17%
44	7,65	8,07	-5%	41,5	22,73	45%	96	92,78	3%	2908	1829	37%
47	10,95	8,87	19%	46	40,14	13%	89,61	85,3	5%	3272	2830	14%
48	6,89	5,23	24%	52,5	25	52%	89,61	88,19	2%	3105	1733	44%
49	6,07	8,07	-33%	23	16,5	28%	91,5	68	26%	2363	1523	36%
50	19,70	14,56	26%	24,85	7,9	68%	100	95,22	5%	2368	1676	29%
51	5,67	4,28	25%	40,5	19,5	52%	89,5	82,69	8%	2611	1513	42%
52	15,99	10,15	37%	46,5	24,29	48%	90,5	79	13%	3223	1865	42%
53	3,03	17,76	-	19,73	9,29	53%	86,94	59	32%	1772	1348	24%
54	6,92	10,54	-52%	39,15	32	18%	85,5	81,47	5%	2915	2456	16%
55	9,57	11,54	-21%	31,52	15	52%	98	92,37	6%	2402	1734	28%
56	12,76	18,87	-48%	39,34	43,78	-11%	89,61	89,61	0%	2957	3232	-9%
58	15,92	7,03	56%	52	29,03	44%	89,61	86,42	4%	2955	1770	40%
59	6,20	0,00	100%	50	18,5	63%	89,61	88,22	2%	2779	1153	59%
60	7,44	10,01	-35%	41	26,33	36%	95	90,77	4%	4751	2323	51%
61	20,26	24,42	-21%	29,71	18,5	38%	100	76,22	24%	2828	2056	27%
62	21,78	17,34	20%	44,37	17,9	60%	100	98	2%	3073	2044	33%
63	8,59	9,71	-13%	50,65	12,5	75%	89,61	86,3	4%	3343	1795	46%
64	14,53	7,86	46%	39,92	30,48	24%	88,55	72,94	18%	2613	2008	23%
65	11,78	24,98	-	31	15,45	50%	89,61	86,55	3%	2670	2349	12%
66	12,34	6,23	50%	43,36	34,48	20%	89,61	84,94	5%	3188	2591	19%
67	2,48	2,20	11%	62,65	21,66	65%	83,5	58,32	30%	3841	1550	60%
68	2,06	6,23	-	13,18	18,74	-	84,5	56,5	33%	1604	1315	18%
69	8,03	4,42	45%	66,5	36,79	45%	96	62,44	35%	3943	1939	51%
70	8,32	5,26	37%	42,11	22,67	46%	89,61	81,55	9%	2964	2115	29%
71	8,46	22,48	-	28	21	25%	97	94,11	3%	2330	2137	8%
72	9,14	6,37	30%	21,89	19,34	12%	88,3	81,44	8%	2353	2015	14%
73	3,04	7,48	-	47,5	25,48	46%	84,5	77,75	8%	2854	1855	35%
74	4,98	5,53	-11%	45,65	18,74	59%	100	98,5	2%	3034	1888	38%
75	0,18	0,64	-	31,39	27,5	12%	91	79,92	12%	2432	2086	14%
76	4,84	3,87	20%	14,85	10,79	27%	97,5	77,67	20%	1746	1294	26%
77	18,87	1,23	93%	37,5	15,5	59%	95,15	85,5	10%	2792	1412	49%

88	3,42	1,61	53%	38,5	24	38%	84,5	83,94	1%	4206	1950	54%
89	17,24	12,24	29%	20,77	20	4%	98	93,5	5%	2499	2088	16%
90	16,40	12,24	25%	15,77	15,77	0%	76,81	80,98	-5%	1952	1950	0%
92	11,64	8,45	27%	12,63	11,73	7%	83	72,22	13%	1768	1267	28%
93	18,63	9,74	48%	35,2	12,63	64%	95,5	85,94	10%	2902	1595	45%
94	19,14	13,17	31%	51,67	34,02	34%	98,5	95,67	3%	3372	2477	27%
95	15,15	26,19	-73%	49,2	39,16	20%	90,5	76,5	15%	3482	2645	24%
96	16,82	11,40	32%	56,95	16,05	72%	97	93,5	4%	4409	2015	54%
97	23,63	11,40	52%	53,4	27,5	49%	100	100	0%	5338	2382	55%
98	3,06	2,89	6%	53,31	22,48	58%	100	94,67	5%	3279	2223	32%
99	16,26	7,65	53%	55	17,22	69%	95,65	75	22%	4190	1679	60%
100	21,37	12,21	43%	51,15	22,5	56%	100	97,22	3%	4842	2255	53%
102	3,59	5,12	-43%	20,49	16,94	17%	95,55	76,32	20%	2266	1668	26%
103	12,93	9,32	28%	46,65	18,25	61%	84,3	66,5	21%	3442	1470	57%
104	2,62	6,09	-	55	34,49	37%	92,65	88,5	4%	3629	2421	33%
105	1,85	0,85	54%	52,55	34,88	34%	91,15	70,5	23%	3583	2009	44%
106	25,85	10,29	60%	36,83	16	57%	97	65,5	32%	3273	1428	56%
107	18,63	16,82	10%	25,5	19,63	23%	91,8	79,93	13%	2715	2045	25%
108	9,57	8,04	16%	54,45	42,11	23%	89,8	65,5	27%	3377	2171	36%
109	15,85	8,90	44%	37,11	34,05	8%	91,5	65,99	28%	3063	2112	31%
110	16,68	14,74	12%	34,5	24,55	29%	91,77	88,38	4%	2955	2217	25%
111	9,14	3,59	61%	27,44	23,82	13%	94,59	59,31	37%	2465	1715	30%
112	4,28	3,45	19%	39,7	26,44	33%	85,8	76,45	11%	2927	1801	38%
113	3,45	5,95	-72%	13,31	17,44	-	97	82,99	14%	2064	1885	9%
114	4,42	2,89	35%	36,25	24	34%	89	85,6	4%	2752	1949	29%
115	7,76	10,95	-41%	17,8	10,13	43%	95,5	91,22	4%	2012	1555	23%
116	3,07	2,65	14%	20,15	17,72	12%	83,65	77,5	7%	2059	1693	18%
117	18,45	17,16	7%	43	19,51	55%	89,61	89,61	0%	3055	1483	51%
Media tratamientos	11,83a	9,65a	18%	39,66a	23,43b	41%	91,39a	81,84b	10%	3075a	1989b	35%
LSD trat.	3,283 ns			6,282**			1,996*			146**		
LSD cv×trat	6,37***			7,334***			6,099***			384***		

LSD de factores significativos ($p<0,05$)*; ($p<0,01$)** ($p<0,001$)*** y no significativos ($p>0,05$).

Los siguientes histogramas del Gráfico 5 comparan el tratamiento SF (barras azules) con el CF (barras amarillas) agrupando a los genotipos en intervalos de valores de severidad y ABCPE. Como se puede observar, la tendencia en los cuatro histogramas indica que los genotipos del tratamiento SF se desplazan más hacia la derecha demostrando mayor severidad que los del tratamiento CF.

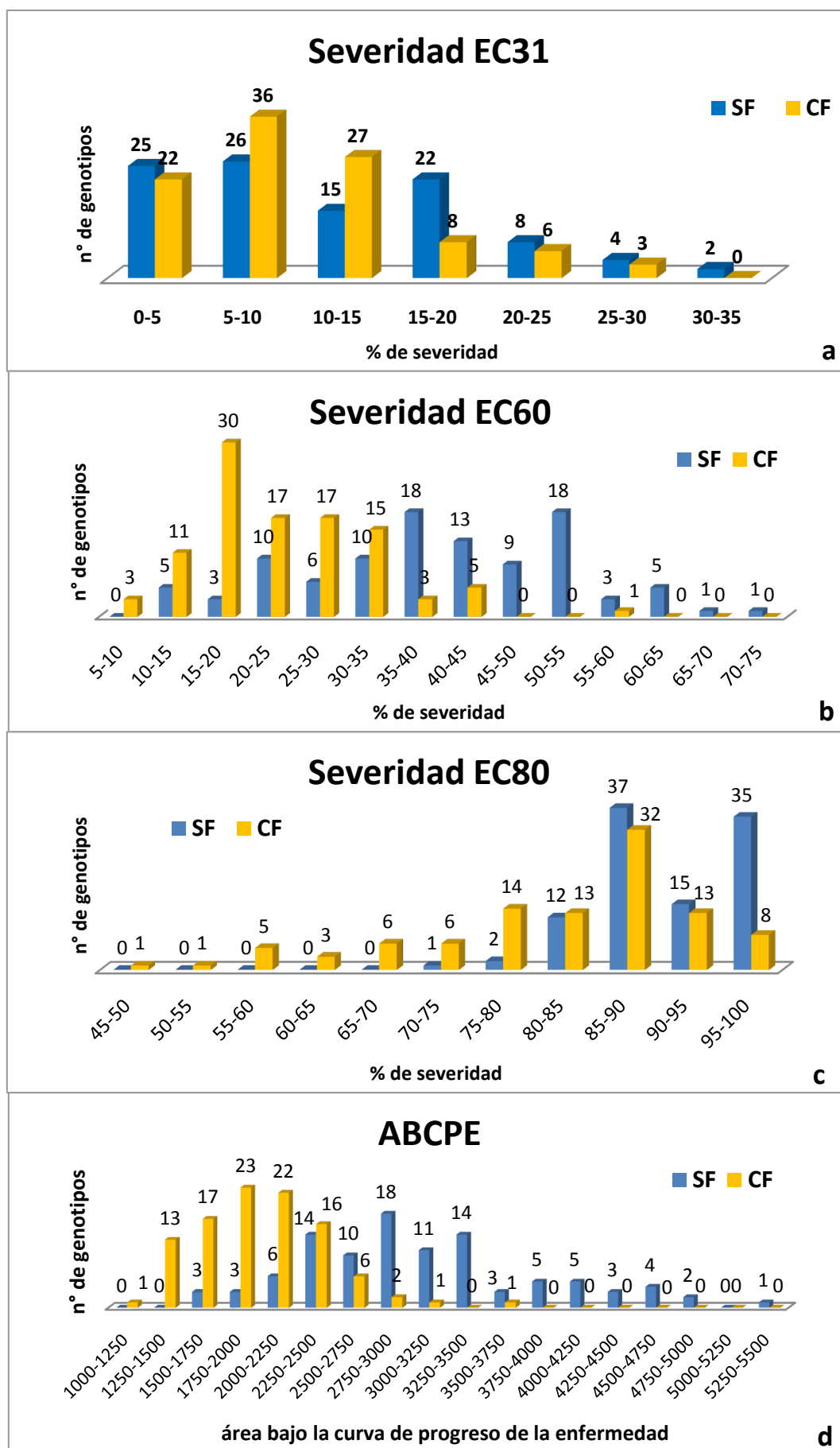


Gráfico5. Histogramas comparando el tratamiento SF con el CF para severidad en a)EC31, b)EC60; c)EC80 y d)área bajo la curva de progreso de la enfermedad.

En el Gráfico 6, pueden observarse los porcentajes de severidad promedio para los dos tratamientos fungicidas evaluados y cómo fue su progreso en los distintos estadios evaluados a lo largo del ciclo del cultivo.

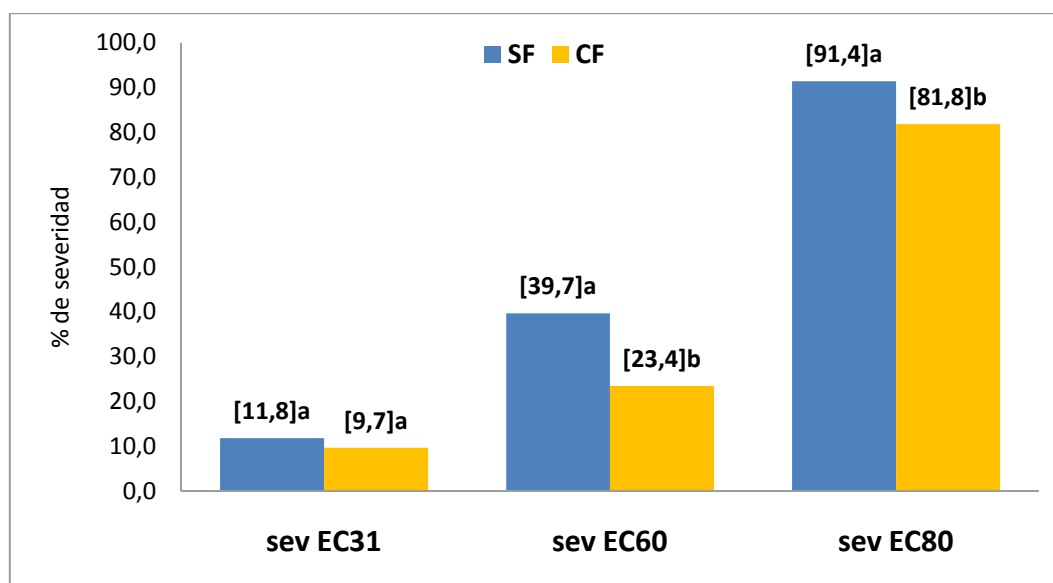


Gráfico 6. Comparación entre los porcentajes de severidad promedio de los distintos estadios evaluados para los tratamientos SF y CF. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD>0,05).

4.3 Biomasa aérea en tres estadios.

La biomasa presentó diferencias significativas entre *Tratamientos* para los tres estadios evaluados. Los *Genotipos* presentaron diferencias altamente significativas para EC60, EC70 y EC80. Para la interacción *Tratamiento* × *Genotipo* también se detectaron diferencias altamente significativas en los tres estadios (Tabla 5).

Tabla 5. Cuadrados medios, grados de libertad y valor p (ANVA) para biomasa aérea para EC60, EC70 y EC80 para el año 2016 en un ensayo con dos tratamientos de aplicación de fungicida en 102 cultivares de trigo.

Fuente de variación	GL	Biomasa EC60	Biomasa EC70	Biomasa EC80
Tratamiento	1	5342677 (p=0,010)	10462062 (p=0,012)	12856278 (p=0,01)
Error A	1	1197	3893	3180
Genotipo	101	76251	125523	178634

		(p<0,001)	(p<0,001)	(p<0,001)
Tratamiento × Genotipo	101	49587 (p<0,001)	89648 (p<0,001)	90319 (p<0,001)
Error B	202	8952	18425	17257
Total	407			

El comportamiento de los cultivares para producción de biomasa en los estadios EC60, EC70 y EC80 puede observarse en la Tabla 6. En EC60 los valores de biomasa aérea para el tratamiento SF variaron entre 295 (cv12) y 1296 (cv99) g.materia seca/m², con un promedio de producción de biomasa de todos los genotipos de 795 g.materia seca/m²; mientras que para el tratamiento CF variaron entre 442 (cv12) y 1498 (cv29) g.materia seca/m², con un promedio de 1024 g materia seca/m². En promedio, la aplicación de fungicidas presentó un incremento promedio del 29% en la producción de biomasa en EC60 respecto a tratamientos desprotegidos. Por su parte los genotipos que presentaron mayores diferencias porcentuales entre tratamientos fungicidas fueron los cultivares 13 (201%), 11 (124%), 41 (111%) y 8 (104%) (Tabla 6).

En EC70 los valores de biomasa para el tratamiento SF variaron entre 457 (cv12) y 1409 (cv99) g.materia seca/m² con un promedio de producción de biomasa de todos los genotipos de 974 g.materia seca/m². Por su parte para el tratamiento CF los valores fluctuaron entre 620 (cv112) y 1406 (cv99) g.materia seca/m², con un promedio de 1294 g.materia seca/m². En promedio, la generación de biomasa en EC70 se incrementó un 33% ante la aplicación de fungicidas. Los genotipos que presentaron mayores diferencias entre tratamientos fungicidas fueron los cultivares 38 (154%), 41 (150%), 7 (133%) y 67 (108%) (Tabla 6).

En EC80 los valores de biomasa para el tratamiento SF variaron entre 734 (cv12) y 1702 (cv99) g materia seca/m², con un promedio de producción de biomasa de todos los genotipos de 1265 g.materia seca/m², mientras que para el tratamiento CF variaron entre 856 (cv112) y 2278(cv70) g.materia seca/m², con un promedio de 1620 g materia seca/m². En promedio, los tratamientos CF incrementaron 28% la producción de biomasa en este estadio respecto a los tratamientos SF. Los genotipos que

presentaron más diferencia entre tratamientos fueron los cultivares 31 (121%), 111 (88%), 29 (76%) y 24 (74%) (Tabla 6).

Tabla 6. Medias y porcentaje de variación entre tratamientos fungicidas para biomasa aérea en EC60, EC70 y EC80.

CV	Biomasa EC60 (g.m ⁻²)			Biomasa EC70(g.m ⁻²)			Biomasa EC80(g.m ⁻²)		
	SF	CF	var.	SF	CF	var.	SF	CF	var.
1	858	764	-11%	1169	897	-23%	1370	1356	-1%
2	882	1029	17%	1058	1384	31%	1477	1713	16%
3	881	741	-16%	938	1002	7%	1281	1196	-7%
4	862	768	-11%	1169	969	-17%	1513	1325	-12%
5	726	666	-8%	894	903	1%	1070	1064	-1%
6	721	642	-11%	840	1162	38%	1208	1400	16%
7	763	1121	47%	803	1867	133%	1022	1544	51%
8	573	1168	104%	743	1480	99%	1027	1634	59%
9	761	982	29%	856	1088	27%	1152	1378	20%
10	722	1030	43%	859	1320	54%	1084	1374	27%
11	516	1156	124%	726	1239	71%	1161	1857	60%
12	295	442	50%	457	663	45%	734	956	30%
13	424	1277	201%	827	1501	81%	1085	1698	56%
14	913	941	3%	991	1348	36%	1510	1761	17%
15	756	961	27%	813	1082	33%	1161	1429	23%
16	635	726	14%	801	1385	73%	1294	1515	17%
17	925	944	2%	1095	1078	-2%	1203	1514	26%
18	800	893	12%	962	801	-17%	1027	1239	21%
19	796	864	9%	958	975	2%	1232	1217	-1%
20	967	930	-4%	1162	1333	15%	1544	1404	-9%
21	896	899	0%	961	1065	11%	1051	1193	14%
22	876	672	-23%	1017	845	-17%	1443	1263	-12%
23	793	1226	55%	856	1512	77%	1266	2135	69%
24	900	1010	12%	1072	1490	39%	1051	1826	74%
25	904	1200	33%	996	1366	37%	1230	1602	30%
26	926	1034	12%	997	1283	29%	1276	1560	22%
27	1162	1030	-11%	1224	1251	2%	1477	1872	27%
28	999	1069	7%	1107	1269	15%	1494	1930	29%
29	779	1498	92%	975	1806	85%	1269	2237	76%
30	813	959	18%	962	1102	15%	1059	1581	49%
31	553	1093	98%	656	1210	84%	746	1647	121%
32	713	1119	57%	847	1533	81%	1433	2179	52%
33	753	897	19%	835	1361	63%	1117	1783	60%
34	876	1285	47%	998	1753	76%	1103	1677	52%
35	795	1128	42%	925	1398	51%	1383	1937	40%
36	888	1114	25%	930	1325	42%	1060	1700	60%
37	789	1069	35%	873	1171	34%	1217	1765	45%
38	658	1119	70%	692	1755	154%	1113	1807	62%
39	562	786	40%	850	965	14%	985	1262	28%
40	833	1238	49%	968	1712	77%	1161	1890	63%
41	667	1410	111%	735	1837	150%	1263	2141	70%
42	614	813	32%	721	1033	43%	956	1566	64%
43	768	1225	60%	1138	1583	39%	1384	2180	58%
44	856	1091	27%	1308	1520	16%	1604	1861	16%
47	927	1042	12%	1253	1267	1%	1322	1671	26%
48	940	1234	31%	938	1631	74%	1411	1790	27%
49	745	940	26%	988	1146	16%	1287	1292	0%
50	714	1000	40%	906	1448	60%	1271	1890	49%
51	767	1210	58%	1014	1389	37%	1218	1739	43%
52	723	1264	75%	1261	1436	14%	1295	1741	34%
53	1005	1082	8%	1075	1307	22%	1354	1659	23%
54	821	1059	29%	1014	1402	38%	1198	1385	16%
55	1066	1165	9%	1268	1566	24%	1496	1783	19%
56	622	1115	79%	882	1426	62%	1051	1740	66%
58	921	1161	26%	1026	1232	20%	1224	1473	20%
59	826	849	3%	904	1129	25%	1134	1216	7%
60	828	910	10%	1080	1144	6%	1408	1567	11%
61	814	1096	35%	947	1231	30%	1384	1490	8%
62	960	994	4%	1135	1323	17%	1426	1712	20%
63	680	1061	56%	944	1133	20%	1420	1801	27%

64	823	928	13%	1029	1249	21%	1176	1883	60%
65	797	947	19%	949	1270	34%	1189	1932	62%
66	766	852	11%	913	1120	23%	1177	1435	22%
67	686	962	40%	824	1716	108%	1310	1875	43%
68	820	1161	42%	1186	1190	0%	1528	1896	24%
69	1111	1194	7%	1431	1995	39%	1609	2218	38%
70	781	1247	60%	1023	2048	100%	1469	2278	55%
71	854	961	13%	1066	1026	-4%	1501	1403	-7%
72	883	1273	44%	1072	1844	72%	1464	2072	42%
73	906	961	6%	1034	1507	46%	1695	1716	1%
74	914	1292	41%	1171	1540	32%	1404	1910	36%
75	791	1301	64%	935	1782	91%	1318	1835	39%
76	932	1476	58%	990	1817	84%	1266	2015	59%
77	660	1026	55%	990	1289	30%	1280	1589	24%
88	737	1443	96%	933	1581	69%	1477	1825	24%
89	538	878	63%	781	959	23%	1031	1185	15%
90	952	1041	9%	1151	1071	-7%	1287	1902	48%
92	945	955	1%	1058	1141	8%	1450	1308	-10%
93	711	975	37%	1170	1243	6%	1270	1784	40%
94	837	815	-3%	950	1113	17%	1094	1533	40%
95	622	934	50%	1015	1152	13%	1516	1884	24%
96	652	1087	67%	773	1425	84%	1160	1913	65%
97	656	672	2%	866	1149	33%	1098	1310	19%
98	739	1007	36%	837	1127	35%	979	1565	60%
99	1296	1108	-15%	1.409	1.406	0%	1702	1641	-4%
100	761	1236	62%	827	1224	48%	1054	1685	60%
102	848	906	7%	1107	1014	-8%	1443	1554	8%
103	1054	1214	15%	1214	1639	35%	1650	1998	21%
104	1140	840	-26%	1170	1087	-7%	1654	1356	-18%
105	674	972	44%	789	1211	53%	1477	1681	14%
106	790	985	25%	965	1060	10%	1139	1433	26%
107	791	1108	40%	939	1199	28%	1160	1340	16%
108	729	913	25%	1029	1214	18%	1423	1384	-3%
109	504	1024	103%	858	1054	23%	1103	1296	17%
110	879	1020	16%	1018	1134	11%	1204	1215	1%
111	773	1433	85%	1014	1681	66%	1192	2245	88%
112	550	516	-6%	647	620	-4%	1060	856	-19%
113	750	871	16%	964	1173	22%	1159	1505	30%
114	928	1076	16%	1103	1164	6%	1205	1286	7%
115	708	1006	42%	883	1042	18%	1167	1289	10%
116	734	876	19%	1026	975	-5%	1249	1070	-14%
117	559	738	32%	815	911	12%	1054	1031	-2%
Media tratamientos	795a	1024b	29%	974a	1294b	33%	1265a	1620b	28%
LSD trat.	43,52*			78,5*			70,95*		
LSD cv × trat.	186,8***			266,6***			258***		

LSD de factores significativos (p<0,05)*; (p<0,01)** (p<0,001)***

Los siguientes histogramas del Gráfico 7 comparan el tratamiento SF (barras azules) con el CF (barras amarillas) agrupando a los genotipos en intervalos de valores de producción de biomasa aérea. Como se puede observar, la tendencia en los tres histogramas indica que los genotipos del tratamiento CF se desplazan más hacia la derecha demostrando mayor producción respecto al tratamiento SF.

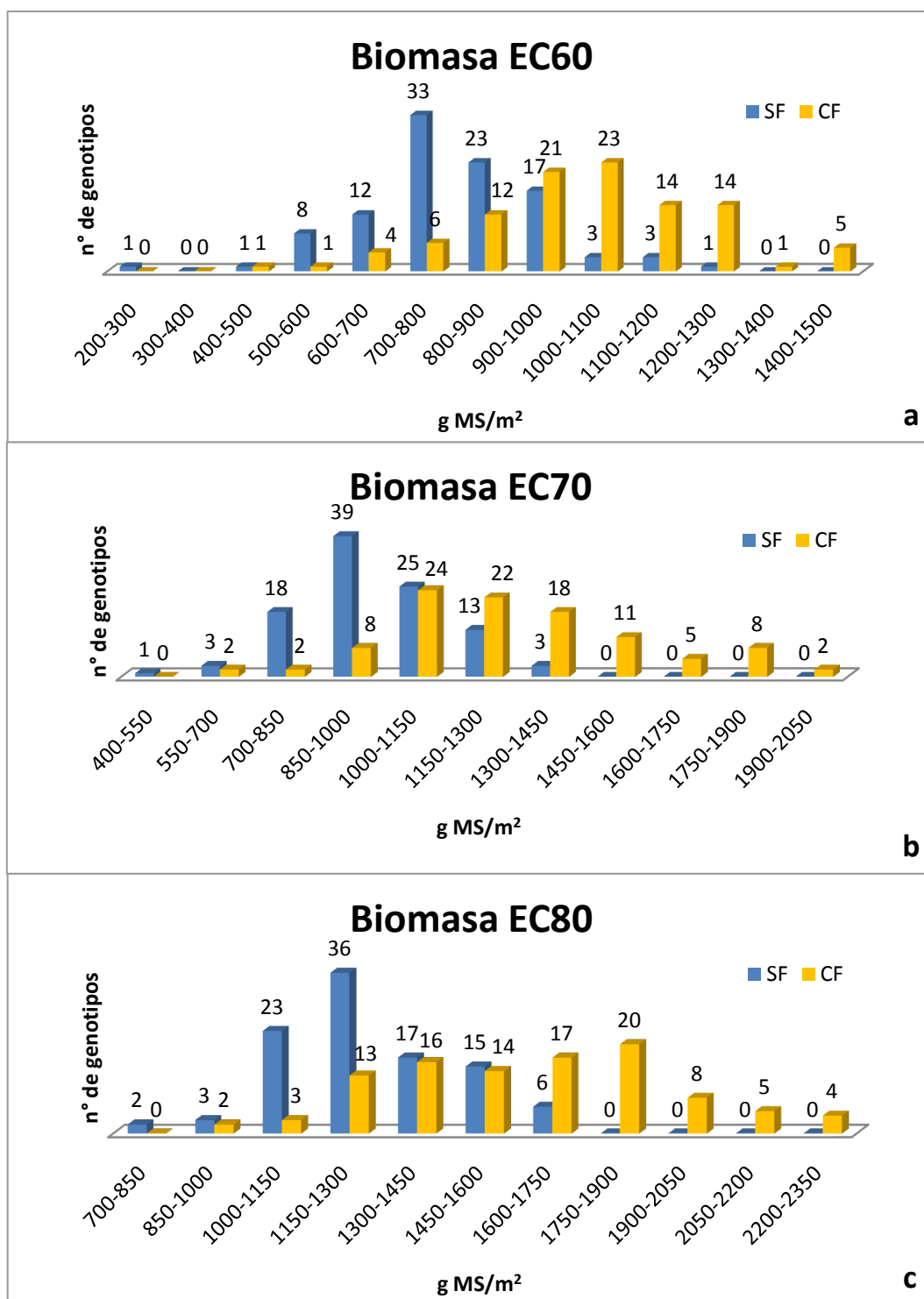


Gráfico 7. Histogramas comparando el tratamiento SF con el CF para biomasa aérea (g MS/m²) en a) EC60, b) EC70 y c) EC80.

Como puede apreciarse en el siguiente gráfico la tendencia de aumento de biomasa del tratamiento CF con respecto al SF se da en los tres estadios evaluados y con proporciones similares.

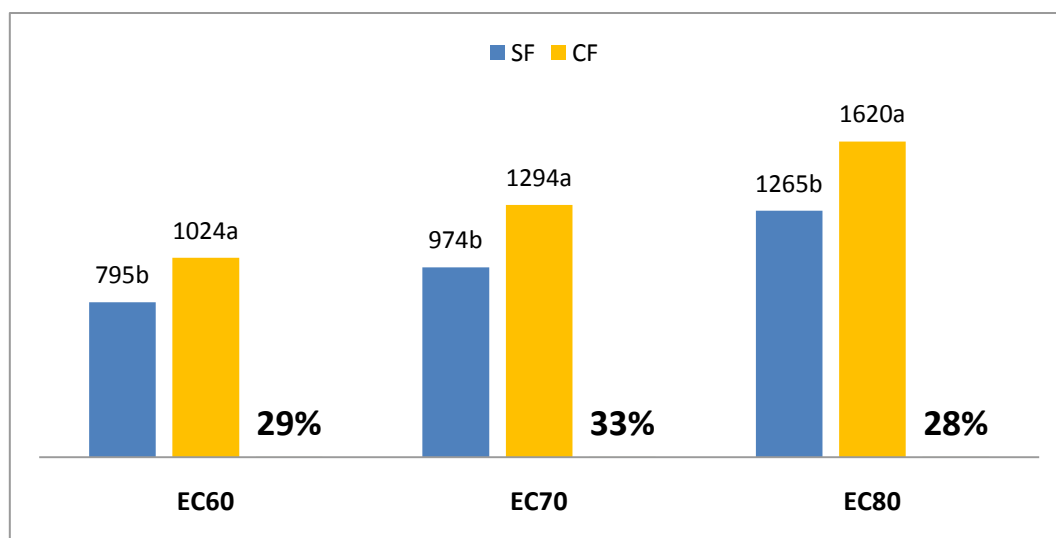


Gráfico 8. Valores promedios de biomasa aérea (gMS/m²) para los tres estadios evaluados y porcentaje de aumento del tratamiento CF con respecto al SF. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada estadio son significativamente iguales (LSD p>0,05).

4.4 Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAint) y absorbida (RFAabs) en EC60-EC82, Eficiencia en el uso de la radiación interceptada (EURint) y absorbida (EURabs).

La RFAint presentó diferencias altamente significativas entre *Genotipos* y para la interacción *Tratamiento* × *Genotipo*, aunque no se detectaron diferencias significativas entre *Tratamientos*. Por su parte, RFAabs presentó diferencias significativas entre *Tratamientos* y altamente significativas para *Genotipos* y la interacción *Tratamiento* × *Genotipo*.

Para ninguna de las dos eficiencias de uso de la radiación (EURint y EURabs) se observaron diferencias significativas en *Tratamientos*, mientras que para *Genotipo* y la interacción *Tratamiento* × *Genotipo* se observaron diferencias altamente significativas.

Tabla 7. Cuadrados medios, grados de libertad y valor p (ANVA) para RFA interceptada, RFA absorbida, eficiencia de uso de la radiación interceptada y absorbida para 2016 en un ensayo con dos tratamientos de aplicación de fungicida en 102 cultivares de trigo.

Fuente de variación	GL	RFAint	RFAabs	EURint	EURabs
Tratamiento	1	25923 (p=0,078)	517335 (p=0,017)	4,41 (p=0,059)	3,81 (p=0,169)
Error A	1	389,2	381,2	0,04	0,28
Genotipo	101	6568	6409	0,33	2,01

		(p<0,001)	(p<0,001)	(p<0,001)	(p<0,001)
Tratamiento × Genotipo	101	664 (p<0,001)	1571 (p<0,001)	0,17 (p<0,001)	0,75 (p<0,001)
Error B	202	89,84	223,3	0,06	0.26
Total	407				

Para la RFA interceptada en el periodo de EC60-EC80 en el tratamiento SF, los valores obtenidos variaron entre 381 (cv116) y 589 (cv96) MJ/m², con un promedio de intercepción de 504 MJ/m², mientras que para el tratamiento CF la intercepción de radiación fluctuó entre 349 (cv116) y 589 (cv73) MJ/m², con un promedio de 520 MJ/m². En promedio, si bien no se detectaron diferencias significativas, los tratamientos CF mostraron una tendencia (p<0,10) a incrementar la RFAint un 3% respecto al tratamiento SF. Por su parte, la interacción *Tratamiento × Genotipo* muestra que los cultivares que presentaron mayores incrementos en la RFAint ante la aplicación de fungicidas fueron los genotipos 42 (22%), 14 (20%), 2 (19%), 36 (16%) y 3 (15%) (Tabla 8).

Para la RFA absorbida por tejido verde en el periodo de EC60-EC80 en el tratamiento SF, los valores obtenidos variaron entre 111 (cv9) y 321 (cv68) MJ/m², con un promedio de intercepción de 198MJ/m², mientras que para el tratamiento CF variaron entre 178 (cv41) y 395 (cv53) MJ/m², con un promedio de 270MJ/m². En términos promedio, el tratamiento CF incrementó la RFAabs en 36% respecto a los tratamientos enfermos. Con respecto a la interacción *Tratamiento × Genotipo* se detectó que los cultivares 31 (131%), 67 (114%), 30 (113%), 69 (108%) y 8 (100%) presentaron los mayores incrementos en la RFAabs cuando los tratamientos CF y SF fueron contrastados.

Para la EUR interceptada en el tratamiento SF, los valores obtenidos variaron entre 0,311 (cv24) y 1,695 (cv95) g materia seca/MJinterceptado, mostrando una EURint promedio de 0,935 gr/MJ. Por su parte, para el tratamiento CF la EURint varió entre 0,369 (cv110) a 2,090 gr/MJ (cv32), con un promedio de 1,143 gr/MJ. En promedio, los tratamientos CF incrementaron la EURint en 22% respecto a los tratamientos sin

fungicida (SF). Respecto al comportamiento de los genotipos y su interacción con los tratamientos fungicidas, podemos indicar que los genotipos 24 (393%), 36 (192%), 94 (175%), 31 (172%) y 90(149%) presentaron los mayores incrementos en la EURint ante aplicaciones de fungicidas (Tabla 8).

Para la EUR absorbida en el tratamiento SF, los valores obtenidos variaron entre 0,580 (cv24) y 4,957 (cv95) g materia seca/MJabsorbido, con un promedio de eficiencia de 2,434 gr/MJ, mientras que para el tratamiento CF los valores fluctuaron entre 0,745 (cv110) y 4,235 (cv95) gr/MJ, con un promedio de 2,241 gr/MJ. Con respecto a la interacción *Tratamiento x Genotipo*, la aplicación de fungicidas provocó respuestas diferenciales en la EURabs según el genotipo. Los cultivares que presentaron mayores aumentos en la EURabs cuando los tratamientos CF y SF fueron comparados fueron los genotipos 24 (320%), 90 (162%), 36 (95%), 64 (91%) y 94 (76%).

Tabla 8. Medias y porcentaje de aumento entre tratamientos fungicidas para RFA interceptada, RFA absorbida, EUR interceptada y EUR absorbida.

CV	RFAint (MJ.m ⁻²)			RFAabs(MJ.m ⁻²)			EURint(g/MJ.m ⁻²)			EURabs(g/MJ.m ⁻²)		
	SF	CF	aum	SF	CF	aum	SF	CF	aum	SF	CF	aum
1	454	503	11%	159	240	51%	1,13	1,18	4%	3,21	2,47	-23%
2	459	545	19%	177	253	43%	1,30	1,26	-3%	3,38	2,73	-19%
3	476	546	15%	171	341	99%	0,84	0,83	-1%	2,34	1,33	-43%
4	516	508	-1%	190	271	42%	1,26	1,10	-13%	3,42	2,05	-40%
5	474	492	4%	215	272	26%	0,72	0,81	12%	1,60	1,47	-8%
6	440	476	8%	161	188	16%	1,11	1,61	45%	3,05	4,05	33%
7	449	508	13%	139	276	98%	0,58	0,83	44%	1,87	1,54	-17%
8	434	460	6%	117	233	100%	1,04	1,02	-3%	3,88	2,01	-48%
9	385	396	3%	111	188	69%	1,02	1,00	-2%	3,52	2,11	-40%
10	473	468	-1%	156	202	30%	0,76	0,74	-3%	2,29	1,71	-25%
11	447	462	3%	200	212	6%	1,44	1,52	5%	3,27	3,30	1%
12	385	413	7%	153	189	24%	1,14	1,24	9%	2,88	2,72	-6%
13	434	469	8%	195	227	17%	1,52	0,92	-40%	3,38	1,84	-46%
14	394	473	20%	195	245	26%	1,52	1,73	14%	3,05	3,35	10%
15	460	469	2%	221	202	-9%	0,88	0,99	13%	1,83	2,28	24%
16	445	446	0%	200	225	12%	1,48	1,77	20%	3,29	3,51	7%
17	491	548	12%	242	380	57%	0,57	1,04	84%	1,16	1,50	30%
18	493	533	8%	206	310	51%	0,46	0,65	41%	1,11	1,11	0%
19	460	480	4%	166	215	30%	0,95	0,73	-22%	2,63	1,64	-38%
20	542	561	4%	187	255	36%	1,07	0,84	-21%	3,07	1,86	-39%
21	481	540	12%	149	232	55%	0,32	0,54	69%	1,04	1,27	22%
22	479	507	6%	293	334	14%	1,18	1,17	-2%	1,94	1,77	-9%
23	491	527	7%	220	313	42%	0,96	1,72	79%	2,16	2,90	35%
24	467	533	14%	249	336	35%	0,31	1,53	393%	0,58	2,43	320%
25	527	517	-2%	213	308	44%	0,62	0,78	26%	1,53	1,31	-14%
26	511	524	2%	203	250	23%	0,68	1,00	46%	1,73	2,09	21%
27	481	534	11%	212	322	52%	0,66	1,58	141%	1,49	2,60	74%
28	489	496	1%	215	313	46%	1,01	1,74	72%	2,30	2,76	20%
29	525	537	2%	248	323	30%	0,93	1,38	48%	1,95	2,29	17%
30	498	541	9%	125	267	113%	0,50	1,15	132%	1,97	2,32	18%
31	522	551	6%	124	286	131%	0,37	1,01	172%	1,56	1,94	24%
32	510	508	0%	184	283	53%	1,41	2,09	48%	3,90	3,72	-5%

33	518	546	5%	152	287	89%	0,70	1,62	131%	2,42	3,09	28%
34	518	524	1%	166	250	51%	0,44	0,75	72%	1,37	1,57	14%
35	538	560	4%	221	322	46%	1,09	1,45	32%	2,65	2,51	-5%
36	449	522	16%	122	211	73%	0,38	1,12	192%	1,43	2,78	95%
37	533	536	1%	207	288	39%	0,80	1,33	65%	2,07	2,44	18%
38	566	581	3%	182	297	63%	0,80	1,18	48%	2,48	2,31	-7%
39	545	540	-1%	196	247	26%	0,78	0,88	13%	2,16	1,90	-12%
40	475	490	3%	189	251	33%	0,69	1,33	94%	1,76	2,60	47%
41	569	587	3%	148	178	20%	1,05	1,25	19%	4,03	4,10	2%
42	458	561	22%	183	249	36%	0,75	1,34	80%	1,84	2,99	63%
43	497	481	-3%	210	274	31%	1,24	1,99	60%	2,92	3,49	20%
44	542	521	-4%	202	249	23%	1,38	1,48	7%	3,67	3,05	-17%
47	521	539	3%	183	218	19%	0,76	1,17	53%	2,17	2,89	33%
48	527	549	4%	189	262	38%	0,89	1,01	13%	2,49	2,13	-14%
49	545	541	-1%	259	331	28%	1,00	0,65	-35%	2,10	1,06	-49%
50	504	518	3%	212	279	31%	1,10	1,72	57%	2,61	3,20	23%
51	536	547	2%	206	292	42%	0,84	0,97	15%	2,20	1,82	-17%
52	551	558	1%	198	292	47%	1,04	0,86	-17%	2,85	1,66	-42%
53	554	569	3%	285	395	38%	0,63	1,01	61%	1,23	1,46	19%
54	546	547	0%	225	257	15%	0,69	0,60	-13%	1,66	1,27	-24%
55	553	576	4%	220	299	36%	0,78	1,07	38%	1,88	2,07	10%
56	508	535	5%	196	193	-2%	0,85	1,17	38%	2,19	3,23	48%
58	557	566	2%	179	271	51%	0,54	0,55	1%	1,68	1,15	-32%
59	524	518	-1%	170	258	52%	0,59	0,71	20%	1,80	1,42	-21%
60	492	484	-2%	219	255	16%	1,17	1,36	16%	2,59	2,42	-7%
61	535	530	-1%	212	295	39%	1,07	0,74	-30%	2,68	1,34	-50%
62	511	513	1%	151	229	52%	0,91	1,40	53%	3,09	3,14	2%
63	536	524	-2%	196	310	58%	1,38	1,42	3%	3,78	2,40	-37%
64	528	576	9%	205	289	41%	0,67	1,66	148%	1,73	3,31	91%
65	511	580	13%	228	330	44%	0,77	1,70	122%	1,72	2,99	74%
66	533	518	-3%	192	222	16%	0,77	1,13	46%	2,15	2,64	23%
67	496	534	8%	141	302	114%	1,26	1,71	36%	4,43	3,00	-32%
68	503	502	0%	321	342	6%	1,41	1,47	4%	2,19	2,15	-2%
69	534	546	2%	144	300	108%	0,94	1,88	101%	3,46	3,41	-1%
70	526	570	8%	212	288	36%	1,31	1,81	39%	3,24	3,60	11%
71	512	508	-1%	209	232	11%	1,26	0,87	-31%	3,10	1,90	-39%
72	544	547	1%	260	287	10%	1,07	1,46	37%	2,25	2,78	23%
73	554	589	6%	211	297	41%	1,42	1,28	-10%	3,76	2,54	-32%
74	520	528	2%	168	253	50%	0,94	1,17	24%	2,91	2,45	-16%
75	486	485	0%	211	245	16%	1,08	1,10	2%	2,48	2,17	-12%
76	527	589	12%	281	379	35%	0,62	0,91	46%	1,15	1,40	22%
77	558	546	-2%	198	278	40%	1,11	1,03	-7%	3,13	2,02	-35%
88	530	531	0%	224	264	18%	1,40	0,72	-49%	3,31	1,45	-56%
89	523	528	1%	233	252	8%	0,94	0,58	-38%	2,12	1,22	-42%
90	536	549	3%	297	291	-2%	0,63	1,57	149%	1,13	2,96	162%
92	519	527	1%	296	329	11%	0,97	0,67	-31%	1,71	1,07	-37%
93	558	561	1%	272	326	20%	1,00	1,44	44%	2,05	2,48	21%
94	498	507	2%	140	225	60%	0,52	1,42	175%	1,80	3,17	76%
95	527	524	-1%	180	225	25%	1,70	1,81	7%	4,96	4,24	-15%
96	589	560	-5%	161	277	72%	0,86	1,48	71%	3,15	2,98	-5%
97	542	551	2%	153	210	37%	0,82	1,16	42%	2,89	3,04	5%
98	500	507	1%	139	248	78%	0,48	1,10	129%	1,83	2,22	21%
99	573	548	-4%	176	307	74%	0,71	0,97	37%	2,31	1,74	-25%
100	465	480	3%	151	210	39%	0,63	0,94	49%	1,95	2,16	11%
102	539	544	1%	266	317	19%	1,11	1,19	8%	2,23	2,05	-8%
103	568	561	-1%	214	349	63%	1,05	1,40	33%	2,79	2,25	-19%
104	512	519	1%	165	212	28%	1,00	0,99	-1%	3,11	2,43	-22%
105	509	500	-2%	189	255	35%	1,58	1,42	-10%	4,26	2,78	-35%
106	526	534	2%	191	330	73%	0,66	0,84	27%	1,84	1,36	-26%
107	542	543	0%	248	295	19%	0,68	0,43	-37%	1,48	0,79	-47%
108	469	449	-4%	161	227	41%	1,48	1,05	-29%	4,38	2,07	-53%
109	506	519	3%	214	255	19%	1,18	0,52	-56%	2,79	1,07	-62%
110	520	527	1%	217	264	22%	0,63	0,37	-41%	1,53	0,75	-51%
111	494	496	0%	205	283	38%	0,85	1,64	93%	2,05	2,87	40%
112	473	480	1%	202	267	32%	1,08	0,71	-34%	2,53	1,27	-50%
113	546	571	4%	289	319	10%	0,75	1,11	48%	1,45	2,00	38%
114	428	422	-1%	157	191	22%	0,64	0,50	-23%	1,77	1,10	-38%
115	466	462	-1%	2289	240	5%	0,99	0,61	-38%	2,01	1,19	-41%
116	381	349	-8%	216	205	-5%	1,35	0,56	-59%	2,38	0,96	-60%
117	472	473	0%	183	243	33%	1,05	0,62	-41%	2,72	1,20	-56%

Media	504 a	520 a	3%	198 a	270 b	36%	0,94 a	1,14 a	22%	2,43 a	2,24 a	-8%
LSD trat.	24,82nsig			24,57*			0,25nsig			0,67nsig		
LSD cv x	19,02***			29,57***			0,48***			1***		

LSD de factores significativos ($p < 0,05$)*; ($p < 0,01$)** ($p < 0,001$)*** y no significativos ($p > 0,05$).

Los siguientes histogramas comparan el tratamiento SF (barras azules) con el CF (barras amarillas) agrupando a los genotipos en intervalos de radiación interceptada, radiación absorbida, eficiencia de uso de la radiación interceptada y eficiencia de uso de la radiación absorbida. Como se puede observar, la tendencia en los primeros 2 histogramas (RFAint y RFAabs) es que los genotipos del tratamiento CF se desplazan hacia la derecha con respecto a los SF, demostrando pequeños aumentos en los valores de intercepción de radiación y aumentos más marcados en los valores de absorción de radiación (Gráfico 9a y b). Para los gráficos de eficiencia de uso se puede observar un leve desplazamiento hacia la derecha de los genotipos del tratamiento CF para la EURint pero no se evidencia ninguna tendencia para la EURabs resultando similar los valores para los dos tratamientos (Gráfico 9c y d).

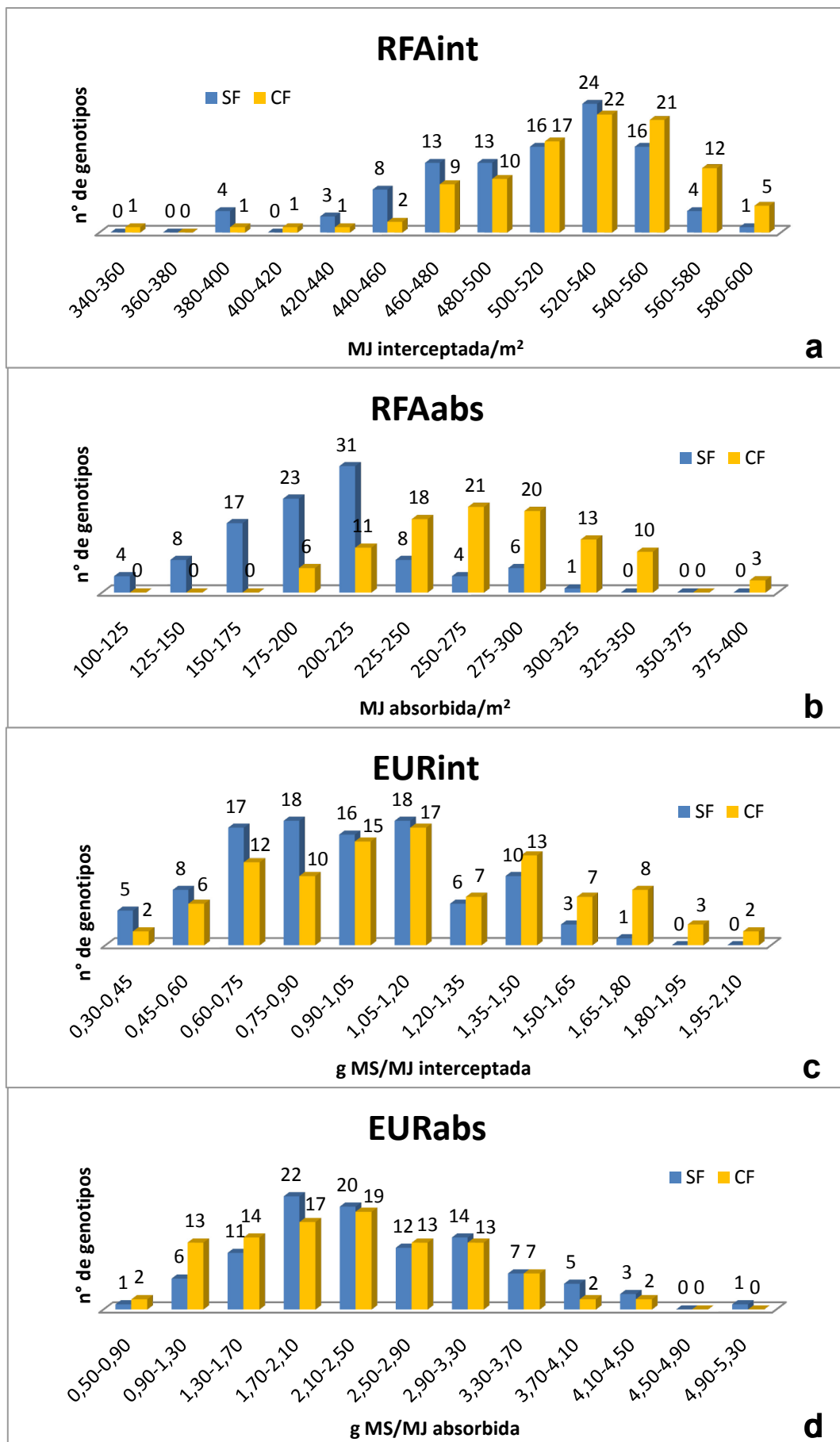


Gráfico 9. Histogramas comparando los tratamientos SF y CF para radiación fotosintéticamente activa interceptada, radiación fotosintéticamente activa absorbida, eficiencia de uso de la radiación interceptada y eficiencia de uso de la radiación absorbida.

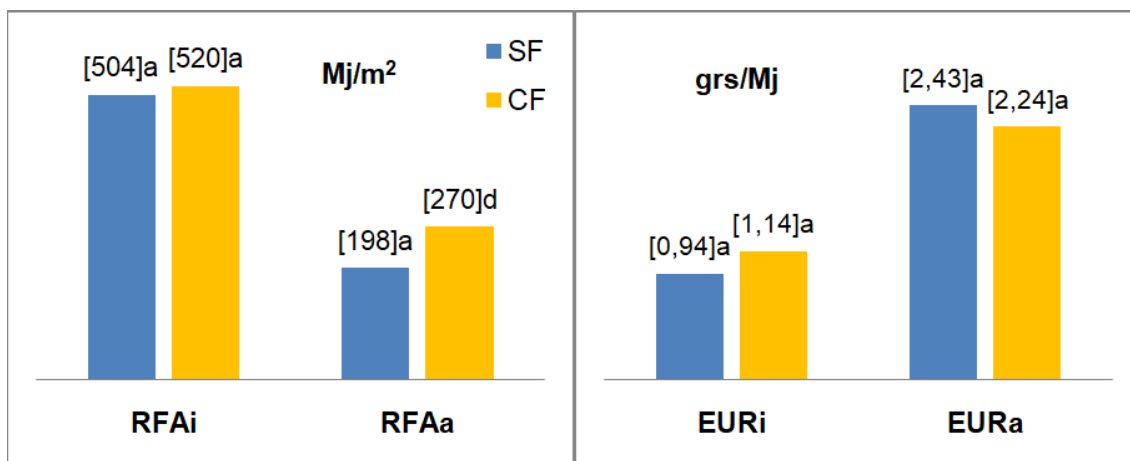


Gráfico 10: Valores promedios de RFAint y RFAabs (izquierda) en MJ/m² y EURint y EURabs (derecha) en g/MJ para los 2 tratamientos fungicidas evaluados. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada variable son significativamente iguales (LSD $p>0,05$).

4.5 Rendimiento y componentes del rendimiento.

Se detectaron diferencias significativas entre *Tratamientos* para rendimiento, NG/esp y PMG. Los *Genotipos* presentaron diferencias altamente significativas en todas las variables, en tanto que para la interacción *Tratamiento* × *Genotipo* hubo diferencias significativas en Nesp/m² y altamente significativas en rendimiento, Ngranos/espiga y PMG.

Tabla 9. Cuadrados medios, grados de libertad y valor p (ANVA) para rendimiento y número de espigas por metro cuadrado (Nesp/m²), número de granos por espiga (NG/esp) y peso de mil granos (PMG) para 2016 en un ensayo con dos tratamientos de aplicación de fungicida en 102 cultivares de trigo.

Fuente de variación	GL	Rendimiento	Nesp/m²	NG/esp	PMG
Tratamiento	1	7170E+08 (p=0,026)	1358464 (p=0,065)	928163 (p=0,05)	5301774 (p=0,002)
Error A	1	1219E+06	14076	5786	0,04
Genotipo	101	9632E+06 (p<0,001)	54308 (p<0,001)	118561 (p<0,001)	300483 (p=0,001)
Tratamiento × Genotipo	101	4383E+06 (p<0,001)	21485 (p=0,014)	33700 (p<0,001)	31931 (p<0,001)

Error B	202	1732E+06	14906	4668	5272
Total	407				

El comportamiento de los cultivares para rendimiento y sus componentes puede observarse en la Tabla 10.

En rendimiento para el tratamiento SF, los valores obtenidos variaron entre 632 kg/ha (cv21) y 7868 kg/ha (cv29), con un promedio de rendimiento de 3837 kg/ha, mientras que para el tratamiento CF variaron entre 1299 (cv57) y 12688 (cv2) kg/ha, con un promedio de 6475 kg/ha. En promedio, el tratamiento CF provocó incrementos del 69% respecto al tratamiento SF. Los cultivares que presentaron mayores respuestas a la utilización de fungicidas fueron los genotipos 37 (550%), 21 (528%), 36 (417%), 30 (407%) y 98 (327%) (Tabla 10).

En Nesp/m² para el tratamiento SF, los valores obtenidos variaron entre 234 espigas/m² (cv100) y 822 espigas/m² (cv99), con un promedio de 488 espigas/m², mientras que para el tratamiento CF variaron entre 320 (cv100) y 1047 (cv69), con un promedio de 603 espigas/m². En promedio, el tratamiento CF provocó incrementos del 24% en esta variable respecto al tratamiento SF. Los cultivares que presentaron mayores respuestas a la utilización de fungicidas fueron los genotipos 94 (110%), 34 (109%), 103 (106%), 64 (100%) y 96 (89%) (Tabla 10).

Con respecto al NG/espiga para el tratamiento SF, los valores obtenidos variaron entre 10,45 granos/espiga (cv21) y 37,55 granos/espiga (cv41), con un promedio de 25,33 granos/espiga, mientras que para el tratamiento CF variaron entre 11,85 (cv107) y 47,28 (cv64) granos/espiga, con un promedio de 28,34 granos/espiga (Tabla 10). En promedio, el tratamiento CF provocó incrementos del 12% respecto al tratamiento SF. Los cultivares que presentaron mayores respuestas a la utilización de fungicidas fueron los genotipos 21 (188%), 37 (125%), 36 (89%), 24 (81%) y 92 (61%) (Tabla 10). Por su parte para el PMG en el tratamiento SF, los valores obtenidos variaron entre 11,83 (cv117) y 49,34 g (cv115), con un promedio de 31,6 g, mientras que para el

tratamiento CF variaron entre 12,85 (cv117) y 60,67 (cv35) g, con un promedio de 38,78 g. En promedio, el tratamiento CF provocó incrementos del 23% en el PMG respecto al tratamiento SF. Los cultivares que presentaron mayores respuestas a la utilización de fungicidas fueron los genotipos 30 (130%), 31 (123%), 40 (90%), 98 (90%) y 9 (86%) (Tabla 10).

Tabla 10. Medias y porcentaje de aumento entre tratamientos de rendimiento, número de espigas por metro cuadrado, número de granos por espiga y peso de mil granos.

CV	Rendimiento (Kg.ha ⁻¹)			Nesp/m ²			NG/esp			PMG (g)		
	SF	CF	au	SF	CF	au	SF	CF	au	SF	CF	au
1	5455	5092	-7%	490	431	-12%	36,45	31,58	-13%	30,5	37,4	22%
2	4571	1268	178	538	900	67%	26,08	33,00	27%	32,6	42,81	31%
3	4306	4598	7%	623	488	-22%	29,65	25,62	-14%	23,9	36,77	54%
4	5085	8119	60%	679	669	-1%	30,24	37,10	23%	24,6	31,71	29%
5	2830	2711	-4%	702	564	-20%	21,00	21,00	0%	19,1	22,91	19%
6	3572	4746	33%	322	517	61%	30,06	23,00	-23%	36,8	40,18	9%
7	2351	6952	196	389	615	58%	30,48	39,40	29%	20,0	28,19	40%
8	4270	8542	100	496	592	19%	23,93	30,13	26%	35,0	50,25	43%
9	1665	4555	174	378	360	-5%	24,53	36,58	49%	18,5	34,58	86%
10	1713	2541	48%	497	455	-8%	23,43	26,00	11%	14,7	21,44	46%
11	3619	5954	65%	469	519	11%	20,46	25,03	22%	37,5	45,99	22%
12	2586	4392	70%	482	534	11%	25,45	26,75	5%	21,0	31,05	47%
13	3265	7099	117%	476	704	48%	28,90	30,68	6%	23,6	32,81	39%
14	4604	7567	64%	415	632	52%	31,00	28,25	-9%	35,8	42,42	18%
15	2916	6699	130	363	551	52%	27,58	26,65	-3%	30,0	45,76	52%
16	4345	6051	39%	528	704	33%	28,23	27,68	-2%	29,2	31,09	6%
17	3814	7305	92%	289	532	84%	31,95	30,70	-4%	41,3	44,34	7%
18	3742	5931	58%	487	693	42%	26,65	25,75	-3%	28,6	32,93	15%
19	4040	7026	74%	548	711	30%	25,53	31,25	22%	28,9	31,68	10%
20	4379	6051	38%	611	671	10%	23,34	24,03	3%	30,7	37,43	22%
21	632	3969	528	291	520	79%	10,45	30,13	188	20,6	25,36	23%
22	5436	4396	-19%	517	385	-26%	23,52	27,45	17%	44,2	42,26	-4%
23	3858	6084	58%	437	472	8%	20,10	23,50	17%	43,8	54,81	25%
24	2183	8888	307	481	606	26%	18,40	33,25	81%	24,6	44,13	79%
25	3928	4851	23%	419	457	9%	24,20	25,13	4%	39,0	42,65	9%
26	4729	5044	7%	544	572	5%	27,20	22,40	-18%	31,9	40,35	26%
27	3804	6859	80%	412	506	23%	26,08	27,68	6%	35,3	49,07	39%
28	6590	9003	37%	457	514	12%	35,05	39,13	12%	40,8	44,83	10%
29	7868	1082	38%	579	787	36%	33,55	32,60	-3%	39,9	42,17	6%
30	1380	6993	407	378	691	83%	24,98	29,83	19%	14,7	33,89	130
31	1576	6122	288	336	397	18%	28,75	43,65	52%	16,2	36,2	123
32	4630	7626	65%	581	626	8%	28,01	33,28	19%	28,4	36,84	29%
33	2135	6752	216	376	604	61%	25,15	31,50	25%	22,6	35,5	57%
34	2696	8682	222	297	621	109	34,33	38,70	13%	26,2	36,41	38%
35	4598	8751	90%	477	588	23%	23,98	24,25	1%	40,0	60,67	51%
36	1469	7601	417	504	760	51%	18,25	34,55	89%	15,8	29,11	84%
37	1381	8976	550	343	588	71%	20,35	45,80	125	19,8	33,18	67%
38	3597	8634	140	514	642	25%	23,20	32,00	38%	29,8	42,03	41%
39	2684	5624	110%	360	517	44%	19,03	28,35	49%	38,8	38,45	-1%
40	2483	4850	95%	749	531	-29%	24,88	37,23	50%	12,9	24,66	90%
41	3816	10114	165	424	798	88%	37,55	38,83	3%	24,1	32,65	35%
42	3504	6324	80%	329	483	47%	27,25	28,83	6%	39,1	45,41	16%
43	5743	7273	27%	599	529	-12%	25,90	31,65	22%	37,0	43,44	17%
44	4298	6846	59%	520	486	-7%	24,95	32,30	29%	33,0	43,62	32%
47	3916	6868	75%	337	492	46%	26,40	27,10	3%	44,8	51,5	15%
48	6688	7885	18%	514	471	-8%	36,73	33,75	-8%	35,3	49,12	39%
49	3417	4092	20%	421	481	14%	19,77	18,54	-6%	41	45,75	12%
50	4236	7876	86%	520	676	30%	23,83	26,58	12%	34,0	43,75	28%
51	3961	4763	20%	697	544	-22%	21,95	23,53	7%	25,8	37,31	44%
52	6768	7664	13%	620	837	35%	25,60	23,75	-7%	42,7	38,99	-9%
53	7165	8519	19%	612	667	9%	28,68	27,53	-4%	40,7	46,27	13%
54	2884	7269	152	398	595	49%	29,63	36,18	22%	24,5	33,82	38%

55	3779	8050	113%	649	703	8%	22,18	28,10	27%	26,0	40,75	56%
56	2640	6385	142	390	522	34%	33,18	36,93	11%	19,5	33	69%
58	2227	5574	150	656	747	14%	22,55	26,88	19%	15,0	27,83	85%
59	1157	4557	294	285	460	61%	22,93	36,68	60%	17,6	27	53%
60	4914	7554	54%	401	536	34%	27,99	29,58	6%	43,9	48,17	10%
61	2224	3712	67%	421	550	31%	17,90	21,68	21%	29,6	31,68	7%
62	3030	8035	165	561	829	48%	20,65	26,90	30%	26,0	36,1	39%
63	3553	3685	4%	673	589	-12%	23,56	23,99	2%	22,6	26,1	15%
64	3046	10511	245	418	837	100	34,35	47,28	38%	21,1	26,65	26%
65	2488	6892	177	406	640	58%	26,63	27,73	4%	22,6	38,8	72%
66	2907	3157	9%	600	607	1%	21,28	17,70	-17%	22,7	29,44	29%
67	3509	6462	84%	545	776	42%	21,05	17,96	-15%	30,7	46,36	51%
68	6741	6720	0%	515	473	-8%	30,78	29,48	-4%	42,5	48,2	13%
69	4318	8775	103	674	104	55%	24,43	25,87	6%	26,3	32,23	22%
70	4476	9622	115%	532	988	86%	32,85	29,30	-11%	25,6	33,29	30%
71	6388	6809	7%	472	544	15%	32,28	27,45	-15%	42,2	45,15	7%
72	3462	9576	177	506	819	62%	25,02	34,68	39%	26,9	33,8	25%
73	4956	5810	17%	702	708	1%	31,18	25,48	-18%	22,9	32,2	41%
74	5292	6219	18%	515	591	15%	23,08	23,43	2%	44,5	44,72	0%
75	3738	1037	178	391	705	80%	34,39	36,28	5%	27,6	40,05	45%
76	3214	5649	76%	610	713	17%	24,85	26,30	6%	21,3	30,12	41%
77	6729	6832	2%	644	654	2%	28,79	26,75	-7%	36,3	38,41	6%
88	4571	8044	76%	656	966	47%	30,75	30,80	0%	22,6	27,04	19%
89	2741	4007	46%	366	514	40%	21,53	20,15	-6%	34,0	38,49	13%
90	3255	4437	36%	435	543	25%	17,53	22,69	29%	42,6	35,94	-16%
92	3245	5251	62%	447	390	-13%	26,58	42,83	61%	27,3	31,58	16%
93	5770	5287	-8%	491	461	-6%	26,30	24,55	-7%	44,6	46,54	4%
94	3088	6706	117%	379	796	110%	21,60	20,43	-5%	38,3	41,22	7%
95	6227	9071	46%	769	843	10%	21,05	25,15	19%	38,5	42,62	11%
96	3075	7749	152	402	761	89%	21,19	22,08	4%	36,1	46,21	28%
97	4581	5659	24%	436	485	11%	31,83	29,85	-6%	33,1	39,12	18%
98	1522	6492	327	269	421	57%	25,10	35,65	42%	22,3	42,59	90%
99	7280	4919	-32%	822	579	-30%	21,43	18,33	-14%	41,4	46,44	12%
100	2059	4549	121	234	320	37%	28,63	35,98	26%	30,9	39,51	28%
102	5476	7928	45%	762	838	10%	14,91	19,63	32%	48,3	48,14	0%
103	4923	1023	108	462	951	106	23,23	21,90	-6%	45,7	49,26	8%
104	5367	6203	16%	448	551	23%	24,55	22,48	-8%	48,9	50,13	2%
105	6190	9979	61%	578	755	31%	24,73	26,68	8%	43,3	49,4	14%
106	2592	5002	93%	390	510	31%	15,53	21,93	41%	41,6	47,44	14%
107	2833	2476	-13%	412	599	45%	16,48	11,85	-28%	42,0	34,91	-17%
108	4328	6663	54%	333	416	25%	33,83	38,85	15%	38,3	40,21	5%
109	3952	4728	20%	546	649	19%	19,83	19,73	-1%	36,7	36,87	0%
110	3764	2898	-23%	472	475	1%	19,45	15,55	-20%	41,0	39,46	-4%
111	5364	9536	78%	477	586	23%	24,40	30,33	24%	45,5	53,7	18%
112	1609	2283	42%	246	381	55%	15,43	14,60	-5%	42,4	40,43	-5%
113	5272	6056	15%	540	491	-9%	26,75	26,00	-3%	34,6	47,35	37%
114	3026	5755	90%	444	550	24%	16,85	24,53	46%	40,3	42,73	6%
115	4514	6425	42%	408	492	21%	22,63	23,38	3%	49,3	55,89	13%
116	3032	3512	16%	324	358	10%	27,53	26,05	-5%	33,8	37,75	12%
117	2440	2195	-10%	682	468	-31%	30,75	36,60	19%	11,8	12,85	9%
Media tratamient	3837 a	6475 b	69%	488 a	603 a	24%	25,33 a	28,34 b	12%	31,6 a	38,78 b	23%
LSD trat.	1382*			148,5nsig			3*			0,25**		
LSD	2590***			240,7*			4,27***			4,51***		

LSD de factores significativos (p<0,05)*; (p<0,01)** (p<0,001)*** y no significativos (>0,05).

Los siguientes histogramas comparan el tratamiento SF con el CF agrupando a los genotipos en intervalos de valores de rendimiento, Nesp/m², NG/esp y PMG. Como se puede observar, la tendencia en los cuatro histogramas es que los genotipos del tratamiento CF se desplazan hacia la derecha con respecto a los SF demostrando

mayores valores de rendimiento, número de espigas por unidad de área, número de granos por espiga y peso de mil granos.

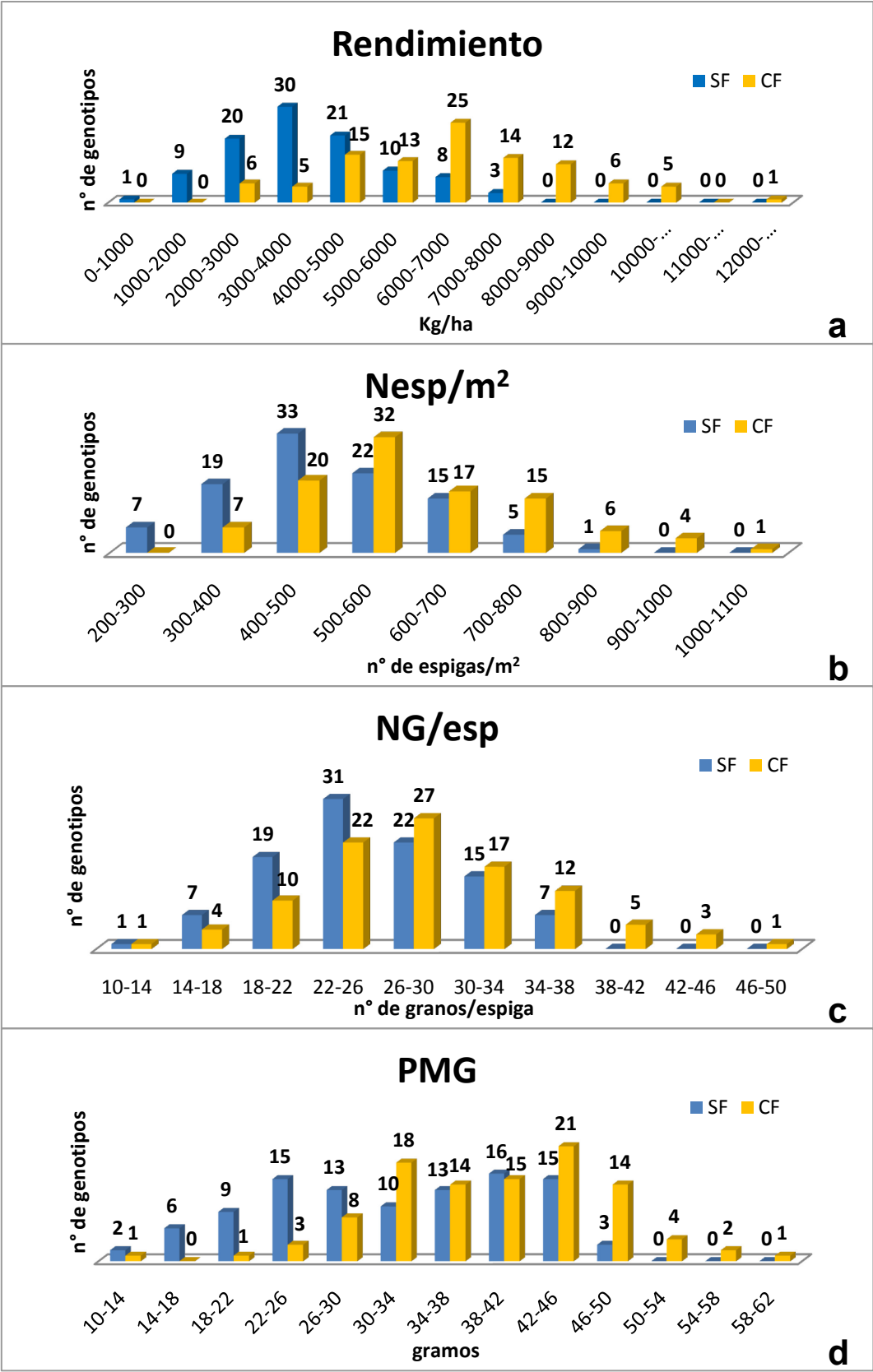


Gráfico 11. Histogramas comparando el tratamiento SF con el CF para a) rendimiento, b)

número de espigas por metro cuadrado, c) número de granos por espiga y d) peso de mil granos.

5. DISCUSIÓN

Las condiciones climáticas del año influenciaron fuertemente el desarrollo epidemiológico de las enfermedades evaluadas, coincidiendo con Wegulo *et al.* (2012) y Campbell & Madden (1990), al jugar un rol preponderante tanto la temperatura media, humedad relativa ambiente y precipitaciones en la supervivencia, reproducción y sobrevivencia de *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, patógenos que preponderaron en el ensayo ejecutado.

A partir de los resultados obtenidos en el ensayo se observó que el desarrollo de enfermedades mostró valores de severidad significativamente altos en el estadio EC80 a medida que se aumentó la presión de inóculo debido a condiciones ambientales de humedad y temperatura predisponentes, provocando aumentos en el ABCPE. Sumado a esto se registraron diferencias altamente significativas entre los cultivares evaluados en EC31, EC60, EC80 y ABCPE. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la severidad en EC31 debido a condiciones ambientales no predisponentes para el desarrollo de enfermedades alrededor de ese estadio, pero sí en EC60 y EC80, consecuencia del control que ejerció el fungicida sobre las enfermedades foliares, incluso, controlando los patógenos de menor importancia que no se observan fácilmente en el campo (Bertelsen *et al.*, 2001) y relacionado con los efectos fisiológicos directos que pueden tener los fungicidas sobre la planta (Grossmann & Retzlaff, 1997), como aumentos en la duración del área foliar verde, el contenido de clorofila y la eficiencia del uso de la radiación de las hojas (Milne *et al.*, 2007).

Bajo las condiciones exploradas en el presente trabajo, incrementos en el desarrollo de las enfermedades provocaron reducciones en la generación de biomasa, detectándose importantes variaciones entre genotipos. En este sentido, Waggoner &

Berger (1987) y Bancal *et al.* (2007) afirman que las enfermedades foliares afectan la producción de biomasa al reducir el índice de área foliar total (IAFT) y el índice de área foliar verde (IAFV), asociado con los procesos de senescencia foliar que generan (Bergamin Filho *et al.*, 1997; Jesus Junior *et al.*, 2001; Schierenbeck *et al.*, 2014; Schierenbeck 2015), pudiendo afectar la supervivencia de macollos (Lim & Gaunt, 1986; Whelan *et al.*, 1997). En coincidencia con este trabajo, donde se encontraron aumentos de biomasa del 29% en EC60, 33% en EC70 y 28% en EC80 en el tratamiento CF respecto al SF, Sharma *et al.* (2004) evaluando el comportamiento de *P.tritici-repentis* en 60 cultivares primaverales de distinta procedencia encontraron disminuciones en la biomasa a cosecha de 2% a 24% frente a testigos protegidos. Por su parte, Schierenbeck *et al.* 2016 documentó reducciones de entre 8-20% en la generación de biomasa aérea ante inoculaciones de *P.triticina* y *Py.tritici-repentis*.

Ante aumentos en los niveles de enfermedad no se detectaron importantes reducciones de la RFAint para el periodo de EC60-EC80, siendo en promedio una disminución del 3% con respecto al tratamiento protegido. De forma similar, Schierenbeck (2015), evaluando RFAint acumulada (EC1-EC82) en trigos bajo tres tratamientos distintos de concentración de inóculo de *Py.tritici-repentis* y *P.triticina* en diferentes años, llegaron a los resultados que no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos de inoculación cuando *P.triticina* fue inoculado en 2012, aunque sí obtuvieron diferencias significativas para la RFAint entre tratamientos. Por su parte, la RFAabs presentó disminuciones más marcadas con un promedio de 36%, en concordancia con los resultados de Serrago *et al.* (2009), Carretero *et al.* (2011) y Schierenbeck *et al.* (2016) donde demostraron que ante epidemias de patógenos foliares en post-antesis, del total de la RFAint por un cultivo enfermo parte de esta fue capturada por área foliar enferma o senescente (IAFNV), produciéndose una reducción en la radiación que es efectivamente absorbida por área foliar verde y funcional (Ea) y que posteriormente es utilizada para producir fotoasimilados y finalmente materia seca. Estos autores documentaron que la RFAabs por el cultivo en

post-antesis disminuyó 21-34% en tratamientos enfermos con respecto a tratamientos no inoculados asociado con caídas en el IAFV y DAFV ante tratamientos que presentaron mayores niveles de enfermedad. Coincidiendo con lo descrito anteriormente, Gallagher *et al.* (1975), Monteith (1977), y Fischer (1985) documentaron que existe una estrecha relación entre la generación de biomasa con la cantidad de radiación solar absorbida por tejidos verdes, por lo que parte del aumento en la producción de biomasa ante la aplicación de fungicidas, documentada en este trabajo, se sustenta por el aumento de RFAabs, que incrementó la tasa de crecimiento del cultivo, respuesta que se evidencia por los mayores valores de biomasa aérea en EC60, EC70 y EC80.

El efecto de las enfermedades foliares sobre la eficiencia en el uso de la radiación ha tenido resultados contradictorios entre diversos autores. Bryson *et al.* (1997) sugirieron que las caídas en el rendimiento del cultivo de trigo por efecto de la presencia de roya amarilla (*P.striiformis*) fueron explicadas en mayor proporción por caídas en la interceptación de radiación y no por disminuciones de la EUR. Siguiendo esta postura, Bancal *et al.* (2007) tampoco observaron diferencias en la EUR entre cultivos de trigo sanos y enfermos con roya de la hoja (*P.triticina*) y septoriosis de la hoja (*Z.tritici*). En discordancia con estos autores, existen otros trabajos, como Schierenbeck (2015) y Schierenbeck *et al.* (2016), que revelan que el efecto de las enfermedades foliares sobre la EUR podría estar vinculada con el modo de nutrición de los patógenos que intervienen. En este sentido, Olesen *et al.* (2003) documentaron caídas en la EUR ante infecciones generadas por *Z.tritici* en trigo. Por su parte Madeira *et al.* (1994) mencionaron que las mermas en la producción de materia seca en *Vicia faba*, debidas a la presencia de *Ascochyta fabae* Speg. (teleomorfo: *Didymella fabae* Jellis & Punith), fueron explicadas en mayor proporción por reducciones en la EUR que por cambios en la DAFV. En el mismo sentido, Beasse *et al.* (2000) encontraron que las reducciones en el crecimiento de un cultivo de arvejas (*Pisum sativum*) fueron el resultado de disminuciones de la EUR más que de reducciones en la Ei ante la presencia de

Mycosphaerella pinodes (Berk. & A. Bloxam) Vesterg (anamorfo: *Ascochyta pinodes* L.K. Jones). Ante infecciones conjuntas de *P.triticina*, *Py.tritici-repentis* y *S.tritici*, Serrago *et al.* (2009) documentaron caídas pronunciadas en la EUR en trigo cuando *P.triticina* fue la enfermedad predominante. Estas diferencias podrían deberse a la interacción particular que los patógenos biotróficos establecen con las células del hospedante ya que producen profundos cambios en la fisiología de los hospedantes, al parasitar las células vivas provocando reducciones en la capacidad fotosintética de las hojas, aumentos en la tasa respiratoria y disminuciones en la tasa de translocación de los órganos afectados (Robert *et al.*, 2004). Según Gooding *et al.* (2000) la falta de efectos de los patógenos necrotróficos sobre la EUR estaría explicada por los limitados efectos sobre la fotosíntesis, ya que no interactúan con células vivas, sin embargo, se caracterizan por una importante reducción en el aparato fotosintético de la planta acelerando la senescencia de las hojas debido a la necrosis foliar y que provoca una menor producción de fotoasimilados que podrán ser utilizados para la síntesis de materia seca.

En concordancia con estas contradicciones, disminuciones en el desarrollo de las enfermedades encontradas en el presente trabajo mediante el tratamiento de protección, provocaron en términos generales aumentos del 22% en la EURint con valores que fluctuaron desde reducciones de 59% hasta aumentos de 393%; y reducciones promedio del 8% en la EURabs con disminuciones de 62% hasta aumentos de 320%. Estas variaciones no fueron estadísticamente significativas entre tratamientos, pero sí podemos considerar como importantes a las variaciones en la eficiencia de uso de la radiación entre los diferentes genotipos. Por lo dicho previamente, se podría decir que la interacción *Tratamiento* × *Genotipo* pudo haberse dado porque hubo genotipos muy susceptibles a *P.triticina* que presentaron caídas muy notorias de la EUR cuando no fueron protegidos con fungicidas, como los cultivares 24, 36, 94, 31 y 90, y tal vez otros genotipos que eran más susceptibles a *Py.tritici-repentis* y no a *P.triticina* presentaron caídas no significativas en la EUR.

Las enfermedades foliares generaron reducciones notorias en el rendimiento, a partir de los resultados obtenidos en el ensayo se observó que ante la aplicación de fungicidas el rendimiento aumentó en promedio 69% con respecto al tratamiento SF. En concordancia con estos resultados, Carmona *et al.* (1998) verificaron en ensayos de eficiencia de fungicidas un aumento entre 22 y 55% con respecto a testigos enfermos con *Py.tritici-repentis*. En tanto que Serrago (2010) estudiando diferentes años y ambientes encontró disminuciones en el rendimiento de 17 a 47% frente a infecciones conjuntas de patógenos hemibiotróficos y necrotróficos (*Z.tritici* y *Py.tritici-repentis*) y biotróficos (*P.triticina*).

Bajo las condiciones exploradas en este trabajo, se detectaron en promedio 24% de aumento en el Nesp/m² en el tratamiento protegido. Si bien las enfermedades tuvieron una baja incidencia en estadios tempranos y presentaron un mayor desarrollo a partir de EC60 explicada por las condiciones ambientales más propicias para su desarrollo, se detectó una importante mortandad de macollos en tratamientos enfermos, tal como fue documentado por Boote *et al.*, 1983; Waggoner & Berger, 1987 y Bancal *et al.*, 2007 estudiando diferentes patosistemas. Sumado a esto, se detectaron incrementos en el NG/esp del 12% ante la aplicación de fungicidas, respuesta que coincide por lo documentado por Ronis *et al.* (2009) y Simón *et al.* (2002, 2011) ante infecciones de diversos patógenos foliares en trigo. Estos resultados indican que la caída en el número de granos.m⁻² (NGT) ante aumentos en la severidad de los patógenos foliares se explicó fundamentalmente por caídas en el Nesp/m² y en el NG/esp (Robert *et al.*, 2004) asociadas a caídas en la tasa de crecimiento del cultivo (Schierenbeck, 2015).

De manera similar al Nesp/m² y NG/esp, hubo aumentos promedio en el PMG de 23% en tratamientos protegidos, debido a que los no protegidos (SF) se vieron más afectados por epifitias de patógenos fúngicos foliares, respuestas normalmente asociadas con infecciones en post-floración (Simón *et al.*, 1996; Wang *et al.*, 2004; Ishikawa *et al.*, 2011). En este sentido, los genotipos 30 (130% de aumento), 31

(123%), 40 (90%), 98 (90%), 9 (86%), 58 (85%) y 36 (84%) fueron los más afectados para el PMG ante la presencia de enfermedades foliares. Dentro de los componentes del rendimiento, la disminución en el PMG ante infecciones generadas por patógenos foliares en trigo ha sido ampliamente documentada (Gooding *et al.*, 2000; Dimmock & Gooding, 2002; Ishikawa *et al.*, 2011). Coincidiendo con Kelley (1993, 2001), Carignano *et al.* (2008) y Simón *et al.* (2011), tratamientos enfermos presentaron disminuciones en esta variable en comparación a tratamientos protegidos. En este sentido, Simón *et al.* (1996) observaron reducciones de 1 a 13 % en el peso de grano ante ataques tardíos de *Z. tritici*. Similares respuestas fueron reportadas por Bancal *et al.* (2008) y Varga *et al.* (2005) ante infecciones naturales generadas por *P. triticina* y *Z. tritici*. Por su parte, Sharma *et al.* (2004) evaluando el comportamiento a *Py. tritici-repentis* de 60 cultivares primaverales de distinta procedencia encontraron disminuciones en el PMG desde 2,6% a 33% frente a testigos protegidos. Por su parte, Serrago *et al.* (2011) encontraron caídas en el PMG de 8,5% ante infecciones en post-antesis generadas por *P.triticina*, *Py.tritici-repentis* y *Z.tritici*. Ante epidemias causadas por *P.triticina* y *Z.tritici*, Robert *et al.* (2004) documentaron caídas en el PMG de 38-40%. Por su parte, Serrago *et al.* (2014) reportaron disminuciones en el peso del grano (mg) de hasta 25% frente a inoculaciones de *P.triticina*, presentando las mayores reducciones aquellos granos localizados en posiciones distales de espiguillas centrales, en tanto que Schierenbeck (2015) documentó caídas de hasta el 6,3% ante infecciones de *Py.tritici-repentis* y 9,3% ante infecciones de *P.triticina*.

Como se desarrolló anteriormente, la generación de biomasa en trigo está determinada por la cantidad de radiación incidente durante el periodo de crecimiento (Rinc), la eficiencia con que esa radiación es interceptada (determinada por el IAF y el coeficiente k) y la eficiencia del cultivo en convertir esa radiación interceptada en materia seca –EUR- (Evans *et al.*, 1978; Gardner, 1985; Johnson, 1987; Sinclair y Muchow, 1999; Salvagiotti & Miralles, 2008).

Coincidiendo con Bancal *et al.* (2007) y Serrago *et al.* (2009), en la presente tesis se encontró que las enfermedades foliares redujeron la generación de biomasa aérea al afectar el IAFV y IAFV. Esta respuesta podría estar explicada por la senescencia foliar anticipada (debido a aumentos en el % de Severidad, ABCPE y % de área foliar no verde) pudiendo finalizar con la caída y desaparición de estratos afectados y conducir a una disminución en la Ei durante el ciclo del cultivo y reduciendo, consecuentemente, la RFAint. A su vez, del total de la radiación interceptada, parte de esta fue capturada por área foliar enferma o senescente la cual no presenta actividad fotosintética (IAFNV), produciéndose una reducción en la radiación que es efectivamente absorbida por área foliar verde y funcional (RFAabs) provocando caídas notorias en la tasa de crecimiento del cultivo y una limitación en la capacidad de producir fotoasimilados para la generación de biomasa y rendimiento, respuestas que pueden ser revertidas por la aplicación de fungicidas (Schierenbeck *et al.*, 2016).

Bajo las condiciones evaluadas en este estudio, en términos generales, el clima fue favorable para el desarrollo de las enfermedades, razón por la cual, en las parcelas no protegidas provocaron aumentos porcentuales en la severidad y el ABCPE, consecuencia de la clorosis y necrosis foliar que disminuyeron el IAFV-IAFV. También produjeron efectos negativos en la RFAint y RFAabs y consecuentemente en la generación de biomasa aérea. Este impacto negativo de las enfermedades foliares en el tratamiento no protegido de los diferentes genotipos fue consecuencia directa de la reducción de los rendimientos y todos sus componentes numéricos (NG/esp, Nesp/m² y PMG). Todos estos resultados permiten aceptar la hipótesis *“Las aplicaciones de fungicida provocan reducciones variables en la incidencia y severidad de enfermedades foliares, provocando aumentos de rendimientos asociados a la mantención del área foliar fotosintética durante el llenado del grano ya que evitan el consumo de fotoasimilados por parte del patógeno”*.

A su vez, dentro de cada tratamiento (SF y CF) se observaron grandes diferencias para todas las variables evaluadas en todos los genotipos utilizados, lo cual nos lleva a

aceptar la hipótesis “*En diferentes cultivares de trigo de distintos orígenes hay una amplia variabilidad entre cultivares para caracteres agronómicos como rendimiento y componentes del rendimiento, producción de biomasa, EUR, interceptación de radiación*” planteada en esta tesis.

6. CONCLUSIONES

- Las enfermedades foliares incrementaron la severidad en EC31, EC60y EC80 produciendo reducciones en la producción de biomasa y rendimiento de los cultivares de trigo debido a caídas en la radiación absorbida por el cultivo.
- El tratamiento protegido presentó menores niveles de ABCPE y valores superiores de rendimiento y sus componentes.
- Los genotipos evaluados evidenciaron importantes diferencias en todos las variables medidas y respuestas diferenciales ante la aplicación de fungicidas.
- El efecto de las enfermedades foliares sobre la EURint y EURabs dependió del genotipo evaluado, pudiendo esto estar vinculado con el hábito nutricional del patógeno preponderante en cada cultivar.

7. BIBLIOGRAFÍA

- **Agrios, G.** 2005. Effects of pathogens on plant physiological functions. Chapter 3. In: G.Agrios. Plant Pathology. Fifth Edition. Elsevier Academic Press. pp. 106-123.
- **Annone, J.G.** 2001. Principales enfermedades foliares del trigo asociadas a siembra directa en Argentina. Siembra Directa en el Cono Sur. PROCISUR, Montevideo. pp. 73-88.
- **Annone, J.G. & R. Garcia.**2004. Las principales manchas foliares del trigo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); Revista Idia XXI N° 6 Junio 2004. pp 58-64.
- **Arregui, M.C. & C.Puricelli.** 2008. Mecanismo de acción de plaguicidas. Dow Agrosiences. *Acquatint (ed.)*: 208 pp.
- **Bancal, M.O., C. Robert &B. Ney.** 2007. Modelling wheat growth and yield losses from late epidemics of foliar diseases using loss of green leaf area per layer and pre-anthesis reserves. Annals of Botany. Oxford. 100: 777-789.
- **Bancal, M.O., R. Roche & P. Bancal.**2008.Late Foliar Diseases in Wheat Crops Decrease Nitrogen Yield Through N Uptake Rather than Through Variations in N Remobilization. Ann Bot 102: 579-590.
- **Bergamin Filho, A., S.M.T.P.G. Carneiro, C.V. Godoy, L. Amorim, R.D. Berger&B. Hau.** 1997. Angular leaf spot of Phaseolus beans: Relationship between disease, healthy leaf area and yield. Phytopathology 87:506-515.
- **Bertelsen, J.R., E. Neergaard & V. Smedegaard-Petersen.**2001.Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phylloshpere fungi, senescence and yield of winter wheat.Plant Pathol. 50: 190–205.
- **Bingham I.J., D.R. Walters, M.J. Foulkes& N.D.Paveley.** 2009. Crop traits and the tolerance of wheat and barley to foliar disease. Annals of

Applied Biology, 154:159-173.

- **Blandino M.&A. Reyneri.** 2009. Effect of fungicide and foliar fertilizer application to winter wheat at anthesis on flag leaf senescence, grain yield, flour bread-making quality and DON contamination. *European Journal of Agronomy*, 30: 275-282.
- **Bolsa de Comercio de Rosario.** 2017. Anuario Estadístico 2016. Pp.18.
- **Bolsa de Comercio de Rosario.** 2017. Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/Pages/gea/estimaProd.aspx>. Último acceso: Septiembre de 2017.
- **Bolsa de Comercio de Rosario.** 2018. Estimación Mensual Nacional Nro ESP102. Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/Pages/gea/estimaProd.aspx>. Último acceso: Julio de 2018.
- **Boote, K.J., J.W. Jones, J.W. Mishoe & R.D. Berger.** 1983. Coupling pests to crop growth simulators to predict yield reductions. *Phytopathology* 73: 1581-1587.
- **Borlaug, N.** 2007. Sixty-two years of fighting hunger: personal recollections. *Euphytica* 157: 287-297.
- **Bryson, R.J., N.D. Paveley, W.S. Clark, R. Sylvester-Bradley & R.K. Scott.** 1997. Use of in-field measurements of green leaf area and incident radiation to estimate the effects of yellow rust epidemics on the yield of winter wheat. *European Journal of Agronomy* 7: 53-62.
- **Byrnes, B.H. & B.L. Bumb.** 1998. Population growth, food production and nutrient requirements. *Journal of Crop Production* 2: 1-27.
- **Campbell C.L. & L.V. Madden.** 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- **Carignano, M., S.A. Staggenborg & J.P. Shroyer.** 2008. Management practices to minimize tan spot in a continuous wheat rotation. *Agronomy journal* 100:145-153.
- **Carmona, M., P. Cortese, M. Ferrazzini & O. Permingeat.** 1998. Control de la mancha amarilla. *Revista CREA* 213:54-56.
- **Carmona, M., E.M. Reis & P. Cortese.** 1999. Mancha Amarilla y Septorios de la Hoja. Diagnóstico, Epidemiología y Nuevos Criterios para el Manejo. Pp 32.
- **Carmona M.A. & F.J. Sautua.** 2015. Manual práctico para el diagnóstico de enfermedades foliares y su control con fungicidas en los cultivos de trigo y cebada. FAUBA-BASF, 85p.
- **Carretero, R., R.A. Serrago, M.O. Bancal & D.J. Miralles.** 2009. Importancia de las enfermedades foliares durante el período de llenado de granos. Congreso A Todo Trigo 2009. 14 y 15 de Mayo de 2009. Mar del Plata. Buenos Aires. Argentina.
- **Carretero, R., M.O. Bancal & D.J. Miralles.** 2011. Effect of leaf rust (*Puccinia triticina*) on photosynthesis and related processes of leaves in wheat crops grown at two contrasting sites and with different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy*. 35: 237-246.
- **Castellarin J.M., M. González, H.M. Pedrol, F. Salvagioti & O. Roso.** 2004. Control de enfermedades foliares en trigo: tipo de molécula fúngica y momento de aplicación. En: Para mejorar la producción. EEA Oliveros. INTA Oliveros. N° 25. pp. 67-69.
- **Cordo, C.A., V.F. Consolo, M. Astiz Gassó, M.R. Simón, N.I. Kripelz & C.I. Mónaco.** 2014. Septorios del trigo en la Argentina: observaciones prácticas para el manejo de la enfermedad. Congreso. Seminario Internacional de Trigo, Colonia, 2014. p.1.
- **de la Horra, A.E., M.L. Seghezzo, E. Molfese, P.D. Ribotta & A.E. León.** 2012. Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. *Agriscientia* 29: 81-89.
- **Dimmock, J.P.R. & M.J. Gooding.** 2002. The effects of fungicide on rate and duration of grain filling in winter wheat in relation to maintenance of flag leaf green area. *Journal of Agricultural Science* 138: 1-16.
- **Evans, L.T.** 1999. Steps towards feeding the ten billion: a crop physiologists view. *Plant Production Science*. 2: 3-9.
- **Evans, L.T., I.F. Wardlaw & R.A. Fischer.** 1978. Wheat. Ed Evans, L.T. En "Crop Physiology". Cambridge University Press, GB. pp. 101-149.
- **FAO.** 2014. Food and Agriculture Organization. Disponible en: <http://www.fao.org> Último acceso: Julio de 2016.
- **Fischer, R.A.** 1985. Number of kernel in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agricultural Science* 105: 447-461.
- **Fleitas M.C., G.S. Gerard & M.R. Simón.** 2015. Eficacia residual de fungicidas sobre la roya de la hoja del trigo y su efecto sobre componentes del rendimiento y porcentaje de proteínas en grano. *Revista FAVE, Sección Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral* 14: 69-84.
- **Fleitas, M.C., M. Schierenbeck, G.S. Gerard, J.I. Dietz, S.I. Golik & M.R. Simón.** 2018a. Breadmaking quality and yield response to the green leaf area duration caused by fluxapyroxad under three nitrogen rates in wheat affected with tan spot. *Crop Protection* 106:201-209.
- **Fleitas, M.C., M. Schierenbeck, G.S. Gerard, J.I. Dietz, S.I. Golik & M.R. Simón.** 2018b. Foliar diseases and wheat quality: the effect leaf rust and its control with fluxapyroxad on dough properties, gluten quality and loaf volume under three nitrogen rates. *Journal of Cereal Science* 80:119-127.
- **Gallagher, J.N., P.V. Biscoe & R.K. Scott.** 1975. Barley and its environment. V. Stability of grain weight. *Journal of Applied Ecology* 12: 319-336.
- **Gardner F.P., R.B. Pearce & R.L. Mitchel.** 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University Press. USA. P. 327.
- **Godfray H.C.J., J.R. Beddington, I.R. Crute, L. Haddad, D. Lawrence, J.F. Muir, J. Pretty, S. Robinson, S.M. Thomas & C. Toulmin.** 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327: 812-818.
- **Gooding M.J.** 2006. The effect of fungicides on the grain yield and quality of wheat. *Actas del Congreso "A Todo Trigo" 18 y 19 de Mayo de 2006, Mar del Plata, Argentina*: 45-52.
- **Gooding, M.J., J.P. Dimmock, R.E. France & J. Jones.** 2000. Green leaf area decline of wheat flag leaves: the influence of fungicides and relationships with mean grain weight and grain yield. *Annals of Applied Biology* 136: 77-84.
- **Grossmann K & G. Retzlaff.** 1997. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*). *Pesticide Science* 50: 11-20.

- **Hall, A.J. & R.A. Richards.** 2013. Prognosis for genetic improvement of yield potential and water-limited yield of major grain crops. *Field Crop Research* 143: 18–33.
- **Ishikawa, S., M.C. Hare & P.S. Kettlewell.** 2011. Effects of strobilurin fungicide programmes and fertilizer nitrogen rates on winter wheat: severity of *Septoria tritici*, leaf senescence and yield. *The Journal of Agricultural Science* 150: 1-16.
- **Jesus Junior WC, F.X.R. Vale, R.R. Coelho, B. Hau, L. Zambolim, L.C. Costa & A. Bergamin Filho.** 2001. Effects of angular leaf spot and rust on yield loss of *Phaseolus vulgaris*. *Phytopathology* 91:1045-1053.
- **Johnson, K.B.** 1987. Defoliation, disease and growth: a reply. *Phytopathology* 77: 1495-1497.
- **Kelley, K.W.** 1993. Nitrogen and foliar fungicide effects on winter wheat. *Journal of Production Agriculture* 6:53–65.
- **Kelley, K.W.** 2001. Planting date and foliar fungicide effects on yield components and grain traits of winter wheat. *Agronomy Journal* 93:380–389.
- **Koeck M., A.R. Hardham & P.N. Dodds.** 2011. The role of effectors of biotrophic and hemibiotrophic fungi in infection. *Cellular microbiology* 13: 1849-1857.
- **Lim, L.G. & R.E. Gaunt.** 1986. The effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) and leaf rust (*Puccinia hordei*) on spring barley in New Zealand. I. Epidemic development, green leaf area and yield. *Plant Pathology* 35: 44-53.
- **Lopez, H.A.** 2000. Descripción cuantitativa de las epidemias de las plantas. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 53:941-968.
- **Madeira, A.C., J.A. Clark & S. Rossall.** 1994. Growth and light interception in field bean (*Vicia faba*) infected by *Ascochyta fabae*. *The Journal of Agricultural Science* 123: 225-232.
- **McNew, G.** 1960. The nature, origin and evolution of parasitism. In *Plant pathology: An Advanced Treatise*, ed. JG Horsfall, AE Dimond, 2. Madison, WI: Univ. Wisconsin Press: 19-69.
- **Milne, A., N. Paveley, E. Audsley & D. Parson.** 2007. The effect of fungicides on disease-induced yield loss in wheat. A model of the effect of fungicides on disease-induced yield loss, for use in wheat disease management decision support systems. *Annals of Applied Biology* 151: 113–125.
- **Miralles, D.J.** 2004. Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de Trigo. Publicación miscelánea n°101. Mayo 2004.
- **Miralles, D.J. & G.A. Slafer.** 1997. Radiation interception and radiation use efficiency of near-isogenic wheat lines with different height. *Euphytica* 97: 201-208.
- **Monteith, J.L.** 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of Royal Society of London B*: 277-294.
- **Moreno, M.V., S.A. Stenglein & A.E. Perelló.** 2012. *Pyrenophora tritici-repentis*, Causal Agent of Tan Spot: A Review of Intraspecific Genetic Diversity, The Molecular Basis of Plant Genetic Diversity, Prof. Mahmut Caliskan (Ed.), InTech. Disponible en: <http://www.intechopen.com/books/the-molecular-basis-of-plant-genetic-diversity/pyrenophora-tritici-repentis-causal-agent-of-tan-spot-a-review-of-intraspecific-genetic-diversity>.
- **Ney, B., M.O. Bancal, P. Bancal, I.J. Bingham, J. Foulkes, D. Gouache, N. Paveley & J. Smith.** 2013. Crop architecture and crop tolerance to fungal diseases and insect herbivory. Mechanisms to limit crop losses. *Eur J Plant Pathol* 135:561–580.
- **Olesen JE, L.N. Jørgensen, J. Petersen & J.V. Mortensen.** 2003. Effects of rates and timing of nitrogen fertilizer on disease control by fungicides in winter wheat. 2. Crop growth and disease development. *Journal of Agricultural Science* 140: 15–29.
- **Peña, E., A. Bernardo, C. Soler & N. Jouve.** 2005. Relationship between common wheat (*Triticum aestivum* L.) gluten proteins and dough rheological properties. *Euphytica* 143: 169-177.
- **Pierbatisti, L.** 2016. La calidad como llave de acceso a un mercado: cuando se prima la escasez internamente de algo que sobra externamente, estamos en el horno. VIII Congreso Nacional de Trigo, VI Simposio de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, II Reunión del Mercosur. 14 al 16 de Septiembre de 2016, Pergamino, Argentina, Disponible en CD.
- **Prescott, J.M., P.A. Burnett & E.E. Saari.** 1986. Enfermedades y plagas del trigo: una guía para su identificación en el campo. CIMMYT. México, D.F., México: 2-3.
- **Rabbinge, R., I.T.M. Jorritsma & J. Schans.** 1985. Damage components of powdery mildew in winter wheat. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 91: 235-247.
- **Robert, C., M.O. Bancal & C. Lannou.** 2004. Wheat leaf rust uredospore production on adult plants: influence of leaf nitrogen content and *Septoria tritici* blotch. *Journal of Phytopathology* 94: 712-721.
- **Robert, C., M.O. Bancal, B. Ney & C. Lannou.** 2005. Wheat leaf photosynthesis loss due to leaf rust, with respect to lesion development and leaf nitrogen status. *New Phytologist* 165: 227- 241.
- **Roelfs, A.P., R.P. Singh & E.E. Saari.** 1992. Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades. México, D.F.: CIMMYT. 81 pp.
- **Ronis A., R. Semaškien, Z. Dabkevičius & Z. Liatukas.** 2009. Influence of leaf diseases on grain yield and yield components in winter wheat // *Journal of Plant Protection Research*. 49: 151–157.
- **Salviaggiotti, F. & D.J. Miralles.** 2008. Radiation interception, biomass production and grain yield as affected by the interaction of nitrogen and sulfur fertilization in wheat. *European Journal of Agronomy* 28: 282-290
- **Satorre, E.H. & G.A. Slafer.** 1999. *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*. Food Products Press NY. USA: 503.
- **Schierenbeck, M.** 2015. Roya de la hoja y mancha amarilla en trigo: Principales efectos sobre componentes ecofisiológicos involucrados en la generación de biomasa y rendimiento. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina: 220.
- **Schierenbeck, M., M.C. Fleitas, M.R. Simón, F. Cortese & S.I. Golik.** 2014. Enfermedades foliares del trigo afectan diferencialmente la

absorción y removilización del nitrógeno hacia los granos. Revista Agronómica del Noroeste Argentino 34 (2): 242-246.

- **Schierenbeck M., M.C. Fleitas, D.J. Miralles & M.R. Simón.** 2016. Does radiation interception or radiation use efficiency limit the growth of wheat inoculated with tan spot or leaf rust?. Field Crop Research 199: 65-76.
- **Serrago, R.A.** 2010. Enfermedades foliares en el cultivo de trigo: Un enfoque ecofisiológico de sus efectos sobre la generación de biomasa y los componentes del rendimiento. Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina: 138.
- **Serrago, R.A. & D.J. Miralles.** 2014. Source limitations due to leaf rust (caused by *Puccinia triticina*) during grain filling in wheat. Crop and Pasture Science 65:185-193.
- **Serrago, R.A., R. Carretero, M.O. Bancal & D.J. Miralles.** 2009. Foliar diseases affect the ecophysiological attributes linked with yield and biomass in wheat (*Triticum aestivum* L.). European Journal of Agronomy 31:195-203.
- **Serrago, R.A., R. Carretero, M.O. Bancal & D.J. Miralles.** 2011. Grain weight response to foliar diseases control in wheat (*Triticum aestivum* L.). Field Crops Research 120: 352-359.
- **Shaner, G. & R.E. Finney.** 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. Phytopathology 67: 1051-1056.
- **Sharma, R.C., E. Duveiller, S. Gyawali, S.M. Shrestha, N.K. Chaudhary & Bhatta.** 2004. Resistance to *Helminthosporium* leaf blight and agronomic performance of spring wheat genotypes of diverse origins Euphytica 139:33-44.
- **Simón, M.R., A.E. Perelló, C.A. Cordo & H.O. Arriaga.** 1996. Influencia de la infección tardía de *Septoria tritici* Rob. ex Desm. sobre el peso de mil granos y algunos parámetros de calidad en *Triticum aestivum*. Investigación agraria. Producción y protección vegetal 11:161-171.
- **Simón, M.R., A.E. Perelló, C.A. Cordo & P.C. Struik.** 2002. Influence of *Septoria tritici* on yield, yield components, and test weight of wheat under two nitrogen fertilization conditions. Crop Science 42: 1974-1981.
- **Simón, M.R., F.M. Ayala, S.I. Golik, I. Terrile, C.A. Cordo, A.E. Perelló, V. Moreno & H.O. Chidichimo.** 2011. Integrated Foliar Disease Management to Prevent Yield Loss in Argentinian Wheat Production. Agronomy Journal 103:1441-1451.
- **Sinclair, T.R. & R.C. Muchow.** 1999. Radiation use efficiency. Advances in Agronomy 65: 215-265.
- **Slafer G.A. & H. Rawson.** 1994. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: A re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers. Australian Journal of Plant Physiology 21: 393-426.
- **Slafer G.A., D.J. Miralles, R. Savin, E.M. Whitechurch & F.G. Gonzalez.** 2003. "Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo". Editorial Facultad de Agronomía: 101-134.
- **Smith J., M. Grimmer, S. Waterhouse & N. Paveley.** 2013. Quantifying the non-fungicidal effects of foliar applications of fluxapyroxad (Xemium) on stomatal conductance, water use efficiency and yield in winter wheat. Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences 78: 523-35.
- **van der Werf, A.** 1996. Growth analysis and photoassimilate partitioning. In: Zamski, E., Schaffer, A. (Eds.), Photoassimilate Distribution in Plants and Crops: Source-Sink Relationships. Marcel Dekker Inc., New York: 1-20.
- **Varga, B., Z. Svenjak, D. Macesic & D. Uher.** 2005. Winter wheat cultivar responses to fungicide application are affected by nitrogen fertilization rate. Journal of Agronomy and Crop Science 191:130-137.
- **Waggoner, P.E. & R. Berger.** 1987. Defoliation, Disease and Growth. Phytopathology 77: 393-398.
- **Wang, J., E. Pawelzik, J. Weinert, Q. Zhao & G. Wolf.** 2004. Effect of fungicide treatment on the quality of wheat flour and breadmaking. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52: 7593-7600.
- **Wegulo, S.N.** 2011. Tan spot of cereals. The Plant Health Instructor.
- **Wegulo, S.N., J. Stevens, M. Zwingman & P.S. Baenziger.** 2012. Yield Response to Foliar Fungicide Application in Winter Wheat, Fungicides for Plant and Animal Diseases, Dr. Dharumadurai Dhanasekaran (Ed.) InTech. Disponible en: <http://www.intechopen.com/books/fungicides-for-plant-and-animal-diseases/yield-response-to-foliar-fungicide-application-in-winter-wheat>.
- **Whelan, H.G., R.E. Gaunt & W.R. Scott.** 1997. The effect of leaf (*Puccinia hordei*) on yield response in barley (*Hordeum vulgare* L.) crops with different yield potentials. Plant Pathology 46: 397-406.
- **Wiese, M.W.** 1977. Compendium of wheat diseases. The American Phytopathological Society. 106 pp.
- **Wiik L.** 2009. Control of fungal diseases in winter wheat. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp: 19.
- **World Wheat Production.** 2017. June 2017. Disponible en: <https://www.worldwheatproduction.com/>. Último acceso: Septiembre de 2017.
- **Zadoks, J.C., T.T. Chang & C.F. Konzak.** 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14: 415-421.
- **Zillinsky, F.J.** 1984. Guía para la identificación de enfermedades en cereales de grano pequeño. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT, El Batán, México.
- **Zuckerman, E., A. Eshel & Z. Eyal.** 1997. Physiological aspects related to tolerance of spring wheat cultivars to *Septoria tritici* blotch. Phytopathology 87: 60-65.